

中山間地で

広葉樹林を

循環利用するための

ハンドブック



国立研究開発法人 森林研究・整備機構

森林総合研究所関西支所

Kansai Research Center, Forestry and Forest Products Research Institute



挨拶

はじめに

第 1 章 広葉樹を利用する際に必要な考え方..... 1

第 2 章 資源量を推定するための技術

- 1 広葉樹資源はどこにどのくらいあるか?..... 10
- 2 地域にどんな樹種がどれくらいあるか?..... 12
- 3 森林境界調査のために空中写真を活用する..... 14
- 4 ドローンを活用して里山の資源を見積もる..... 16
- 5 用途ごとの資源量を求めるための方法..... 18
- 6 効率的なバイオマスの計算方法..... 20
- 7 広葉樹のための新たな汎用バイオマス推定式..... 22

第 3 章 広葉樹の有効利用のための情報

- 1 近畿の広葉樹（コナラ）の用途..... 24
- 2 日本における燃材利用の歴史的推移と最近の動向..... 26
- 3 コナラの乾燥と利用技術..... 28

第 4 章 広葉樹林の再生についての課題

- 1 広葉樹林の更新に対するシカの影響..... 30
- 2 伐採位置を高くすることでシカから食べられにくくなるか?..... 34

補足説明 36

参考文献 38

研究体制

編集責任者

山下直子・田中真哉・垂水亜紀・奥田史郎（森林総合研究所関西支所）

本ハンドブックは、平成 28 年度～30 年度森林総合研究所交付金プロジェクト「広葉樹も多い中山間地で未利用資源をむだなく循環利用するための方策の提案」の研究成果をもとに作成したものです。



挨拶

森林総合研究所関西支所では、近畿圏の中山間地に多い広葉樹林資源を循環型利用の考えのもと、無駄なく使う方法について研究しています。森林を再生する事を念頭におかない利用は、資源の収奪であり、循環的な利用が期待できません。

このような状況の中、近畿圏の中山間地において、広葉樹の循環型利用の方法を開発するために、この問題に対して積極的に取り組んでいる自治体等と連携し、①利用可能な資源量の把握と現状の用途の把握を行い、②利用後の森林再生・管理手法を開発することを主な課題としたプロジェクトを2016年度に開始しました。最終年度を迎えるにあたり、循環型の広葉樹利用策の一案として、得られた成果をもとに「中山間地で広葉樹林を循環利用するためのハンドブック」としてとりまとめました。

中山間地において、森林の劣化を防ぎ、森林資源を利用する枠組みをどのように策定していくかは、それぞれの地域により異なります。このハンドブックが、森林の利用と再生に取り組んでおられる皆様の今後の活動に対して、少しでもお役に立てれば幸いです。

国立研究開発法人 森林研究・整備機構

森林総合研究所関西支所長 大平 辰朗



はじめに

近畿圏の中山間地の森林は、古くから燃料材の供給源であったばかりでなく生活の場として継続して利用されてきました。しかし、近年の資源利用形態の変化によって、このような森林は放置されることが多くなり、大径化した木ではナラ枯れやシカ害による枯損も進行し、森林の衰退が目立つようになってきています。海外からの広葉樹材の輸入が減少傾向にある中で、東日本大震災以降きのこ原木の不足や、薪ストーブの普及による薪材利用の増加等、広葉樹の需要が増加しつつあるものの、需要に見合う利用や供給体制の整備は進んでいない状況です。本ハンドブックは、広葉樹を有効な資源として利用するために、どのような点を考慮すべきか、必要な技術にはどんなものがあるかを、以下の4つの項目に分けて解説しています。

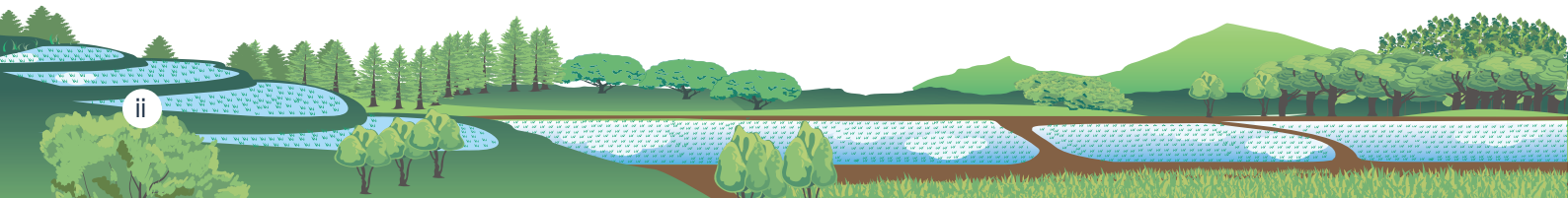
1. 広葉樹を利用する際に必要な考え方
2. 資源量を推定するための技術
3. 広葉樹の有効利用のための情報
4. 広葉樹林の再生についての課題 ―シカの影響―

広葉樹は多様なニーズがある中で、利用を進める際に森林の所有者や現場技術者、関係する行政担当者等の皆様が、技術的な参考としてこれらの情報を利用いただければ幸いです。

本研究をおこなうにあたり、滋賀県東近江市役所 水田有夏志様、山口美知子様、東近江市永源寺森林組合 落部弘紀様、松尾扶美様、京都府京丹波町役場 吉田聡様、京丹波森林組合 竹内俊行様、日吉町森林組合 小林耕二郎様、龍谷大学理工学部 宮浦富保教授、龍谷大学里山学研究センター 林珠乃様、京都大学大学院地球環境学堂 深町加津枝准教授、他 多くの関係者の皆様に多大なご協力をいただきました。ここに改めて厚くお礼申し上げます。

「広葉中山間」研究プロジェクトチーム

平成 31 年 2 月



第1章 広葉樹を利用する際に必要な考え方



広葉樹を利用する際に必要な考え方

山下 直子、田中 真哉、垂水 亜紀、奥田 史郎

ここでは、中山間地の自治体や林業事業体等の地域の方々が、広葉樹の利用の際に必要なとなる情報や考え方を整理しました。

1. 利用を進める前に考えること ～利用後の山の再生をどうするのか？

森林資源の利用には、必ず利用後の山をどう再生させるか、どう保全しながら管理するかを考えることが不可欠です。広葉樹林の利用についても同様であり、資源利用後に確実に再生できるプロセスを考える必要があります。再生に関するビジョンや道筋がない状態での利用は、資源の収奪であり、循環的な利用は期待できず、何も育たない山が残るだけです。植生のない山は、生物多様性や環境保全機能も期待できないばかりではなく、土砂崩壊のリスクも高くなります。近畿圏の里山は、千年以上もの長い年月をかけて人が関わることで形成されたもので、現状の広葉樹林がそのサイクルから外れてしまっていることを考えると、元に戻すのは簡単ではありません（写真 1）。また以前は、択伐や小規模の皆伐で輪伐期を設けた計画的な伐採によって循環的な利用が行われており、自然再生力が損なわれずに、生態系と調和した形で森林が維持されてきたものといえます。しかし、近年はシカによる食害やナラ枯れが顕著であり、このような場所では、再生する樹木の種類が少なく、植生が単純化することが報告されています（写真 2、第 4 章-1 参照）。利用後の再生を確実にさせるために、事前に目的とする林分の構造や立地条件、履歴等を把握した上で、再生のためのロードマップを作成する必要があります。行政、林業事業体、山主、民間企業、研究機関等が連携して、将来の目標林型に応じた伐採方法や管理法の検討をおこなうことが大切です。まずは、地域で対象となる森林について、機能や目的に応じて（木材生産、生態系の保全、土砂流出防止等）ゾーニングを行い、それぞれの目標林型に見合った施業案を作成しましょう。



写真 1. 伐採から 10 年経過後更新していない林地
(滋賀県東近江市藤川谷)



写真 2. 施業後に設置された防鹿柵
(滋賀県東近江市大森町)

1

必要な考え方

2

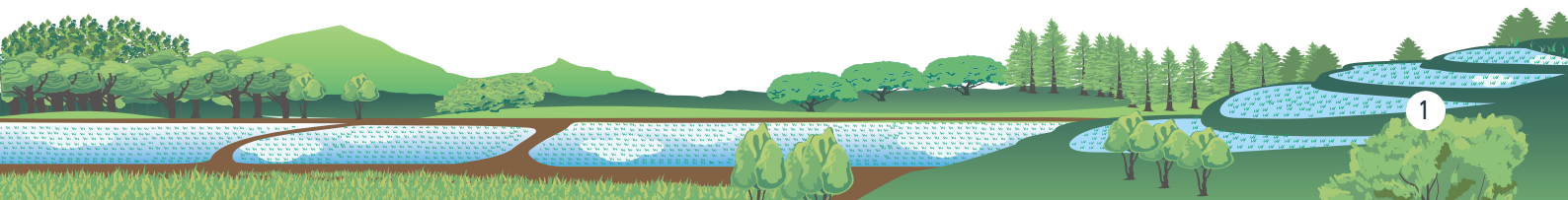
資源量推定

3

有効利用

4

再生の課題



2. 利用する際に必要なこと ～資源の賦存量の把握

広葉樹林の資源利用を考える際には、まず、地域内にどんな樹種が存在するのか、それらがどこにどれくらいあるのかを把握しておく必要があります。そのためには、現地で林分調査（樹種の同定やサイズ測定）を行うことが欠かせません。しかし、広域を調査するには大変な労力が必要ですし、道から遠い場所へは行くことも大変です。そこで、まずは地域内において、まとめて広葉樹資源の存在する場所のあたりをつけることからスタートするのが大切です。

広域の中から候補地を絞り込む際には、空から森林を見ることが効率的です（第2章-1、3参照）。近年、県単位・市町村単位で航空機 LiDAR データ*を整備し始めている自治体もあり、このデータがあると、広い範囲のどこに資源が蓄積しているかを精度よく把握することができ、施業をおこなう候補地を選定する際の有用な情報になります。別途特別な解析が必要になりますが、航空機 LiDAR データが整備されてない場合でも、すでに撮影された空中写真を施業候補地の選定に活用できる場合があります。

一方で、このような空からの森林調査では、例えば樹種など得られない情報もたくさんあります。利用後の山をどう再生させるかをセットで考える必要があることは述べましたが、空からの調査データのみから判断するのではなく、最終的には実際に現地に行き、林分の現況や地形などを確認した上で、資源利用後に速やかに再生させることができる場所なのか、どのような施業であれば安全に森林を壊さずに利用することができるのかを十分に検討する必要があります。

3. 資源をむだなく使う ～用途に応じた資源量の把握

広葉樹は、古くから様々な用途に使われてきました。薪材等の燃料用、器や家具などの木製品、床材（フローリング）、建具、きのこ原木等、樹種の特性に応じて多様な使われ方があり、それぞれの用途に応じて必要とされるサイズも違います。たとえば、表1のように、家具材なら直径30cm以上が必要で、きのこ原木では、直径6～14cm程度が利用に適するサイズです。近畿圏の里山広葉樹林では、利用されずに放置されてきた結果、近年では大径化した個体が多くなっています。これらの大径木は、枝もかなりの太さがあるので、枝部分の利用も視野に入れて集材を行うことで、森をむだなく使えることが期待されます。例えば、用途が多いコナラでは、胸高直径40cmの木の場合、幹だけの資源量が 0.91m^3 であるのに対して枝も考慮に入れた場合の資源量は、約1.2倍多い 1.13m^3 であり（第2章-5参照）、地域に存在する広葉樹の賦存量は以前報告されていた幹材積による推定値よりも、かなり多いことがわかりました。今後は、資源の形状や質に応じて、枝を含む中小径材も無駄なく利用することを視野に入れた生産体制を整備することが重要です。

表1. 各用途に必要な材のサイズ例

用 途	必要な材のサイズ	
家具、板材、内装材	直径 30cm 以上	大径材
床材、集成加工材、大量加工薪材	直径 14cm ～ 30cm	中径材
きのこ原木材、通常薪材	直径 6cm ～ 14cm	小径材

*航空機 LiDAR データ p36. 補足説明参照

4. より付加価値を高めるために

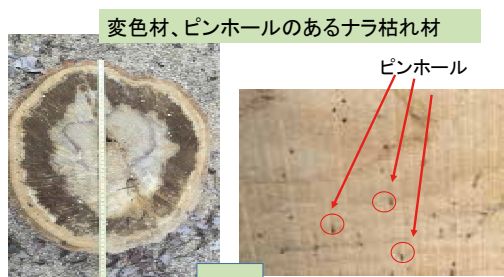
質を考慮した生産体制を実現するためには、様々な用途への出荷先を確保しておく必要があります（第3章-1 参照）。また、現場で、これらを見極め振り分けることのできる人材も必要になってきます。多様な広葉樹の特性に応じた利用を進めるには、資源量が豊富で更新が比較的容易な樹種を主体とした量的な利用と、個々の数は少ないが様々な用途がある少量多品目の利用の2つが考えられます。量的、質的な利用を実現するためには、川上、川中、川下の連携やネットワーク化が不可欠です。現代のマーケットでは、無垢の通直な材ばかりではなく、曲がり材や変色材、被害材等個性のある材を求める声も出てきています（写真3、4、5、6）。また、材のトレーサビリティを担保し、その木が育った環境、歴史、地域の背景等ストーリー性を消費者に伝えることを重視した商品も注目されつつあります。近年は、環境問題への関心の高いユーザー向けに、商品の購入によって環境保全や森林整備への貢献になることを示した商品もでてきています（第1章 6-4 参照）。地域の財産である広葉樹資源の利用価値は計り知れないものがあり、その価値を最大限に、且つ持続的に伸ばすための地域の取り組みが、今必要とされています。



写真3. 中空の材も需要がある



写真4. 採材後の残材はピザ窯用割木として販売



自然の風合いを活かした家具
環境配慮性や素材の個性を
伝える

写真5. ナラ枯れ材を用いて作られた家具



写真6. 自然の風合いを活かした
敷板（カエデ）

1

必要な考え方

2

資源量推定

3

有効利用

4

再生の課題

5. 利用後の山の再生

広葉樹林の伐採の可否を判断する際には、伐採後に生じる様々なリスク要素と、更新により得られる利益を考慮する必要があります。その結果、伐採後のリスクが大きい場合には、今はまだ利用する段階ではないと判断して、山の将来像を設定した上で健全に育成するための整備を進めることが必要です。広葉樹林において、天然更新が成功するためには前生稚樹*の存在が不可欠で、伐採後に埋土種子や母樹から落下する種子による更新は困難であることが報告されています¹⁾。利用を目的とする林分に、前生稚樹がなく、シカの密度が高い、ササやシダがあるなどの理由で更新が困難であると判断される場合には、防護柵を設置したり苗木を植栽することによって再生を図ることが不可欠です（図1）。広葉樹の植栽に関して、スギ、ヒノキ等の人工林の樹種と違い、苗木の移動に関する規制がないのが現状です。それぞれの立木は、その土地にあった形質を兼ね備えており、植栽する苗木は、できるだけ地域で採取された種子から育成されたものを用いることが必要です。また、利用後の山の再生を実施するためには、自治体や地元の関係団体、有識者等から構成される地域協議会を設置し、将来の山の在り方を検討していく必要があります。

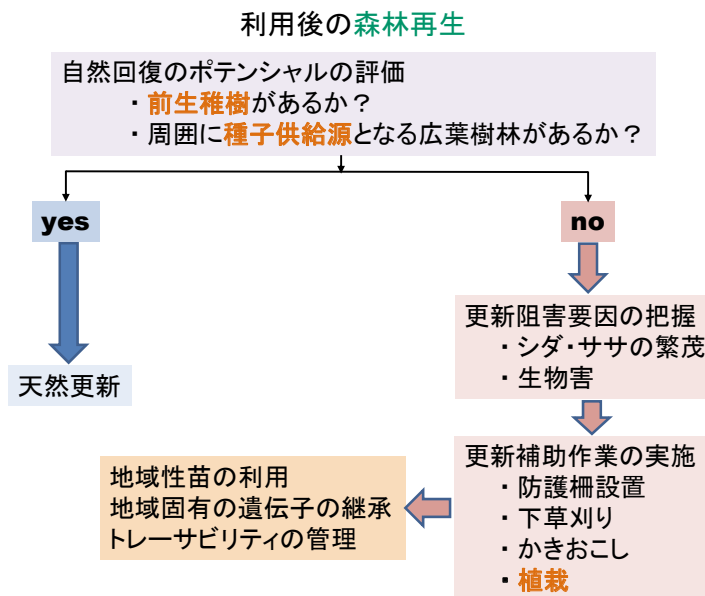


図1. 利用後の森林再生についての評価方法

5-1. 神奈川県的事例 地域産広葉樹の自給を目指した水源林広葉樹育成事業

神奈川県では、水源の森林づくり事業の推進や広葉樹造林等の多様な森林整備に対応するために、生育する優良な広葉樹の母樹を選定し、遺伝資源の確保を図ると共に、そこから種子を生産し苗木を育成する水源林広葉樹苗木育成事業（優良種苗確保育成事業）を、1999年から実施しています²⁾。この事業では、16種の母樹から成る広葉樹採種園を設置し、採取した種子を苗木生産者に配布し、一部は県の施設で保存しています。県の自然環境保全センターでは、発芽率や生産量の調査、需給調整を行い、現在、毎年約2万本の苗木を生産しており、県内産広葉樹の自給体制が整備されています。

*前生稚樹 p36. 補足説明参照

5-2. 徳島県の事例 千年の森整備事業

自然林の再生を含む「千年の森づくり」事業は、1996年度に徳島県が策定した戦略プロジェクトの1つとして始まったものです。当初の計画では、人工林経営を活性化し、長期的に維持可能なものにすることが目的でしたが、残存する自然林の保護、劣化しつつある里山林の保全も目指すべきとの意見が多く、最終的にはスギ植林の伐採跡地に自然林の再生を目指す事業が実施されました。この事業の基本理念は、「いつの時代の要請にも対応できる森、森と人との共生のシンボルとなる森、県民が誇りに思える地域のシンボルとなる森」であり、「保護を基本とする自然林、人々の暮らしの中でつくりあげられる里山林、生産との関わりの中で育まれる人工林」を具体的な森林タイプとして目指すことになりました³⁾。徳島県勝浦郡上勝町の高丸山で実施されたこの事業の特徴は、①モデルとなる残存自然林と植栽予定地である伐採跡地で植生調査と地形区分をおこない、生態学的な見地から地形区分に対応する樹種による植栽計画が策定されたこと、②遺伝子攪乱を防止するため、植栽予定地周辺に自生する樹種以外は植栽しないこと、③種子採取、広葉樹コンテナ苗づくりは地域住民で形成された種苗生産組合によって実施されたこと（写真7、8）、④一部の区画では、県民ボランティアグループによって植栽が行われ、その後の管理は指定管理者を中心に継続的に行われたこと、⑤地元林業関係者、森林ボランティア、学識経験者、行政等からなる組織が、利用・体験・調査プログラム等を主体的に作成し、県との協働で「千年の森」の利活用を実施したこと、が挙げられます。構想から計画段階そして事業実施に至るまで、行政と多くの県民関わった協働事業であり、人と森の共生の先進的事例となっています（写真9、10）。



写真7. 広葉樹コンテナ苗生産現場



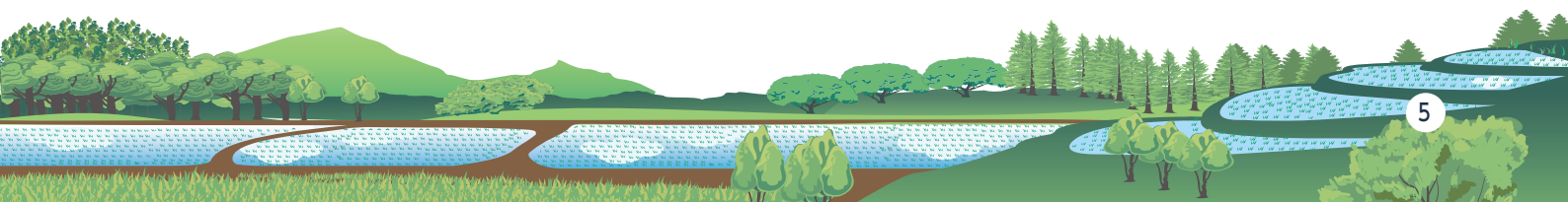
写真8. 広葉樹コンテナ苗



写真9. 高丸山「千年の森」における現地検討会



写真10. 千年の森の様子



6

東近江市において、広葉樹資源の利用を計画する際に、資源の量的評価を広域で行うために、空中写真と国土地理院の標高（地盤高）データを用いて、広葉樹林の林冠高マップを試作したところ、図4のようになりました。このような資源量に関するデータを用意できれば、施業候補地となるエリアを検討することができるようになります。また、最も広く分布し多用途に利用できるコナラを対象として、市内での賦存量を推定しました。市内77か所の毎木調査データと植生区分から、材積を推定した結果、市内に賦存するコナラは、約142万 m^3 と推定されました（第2章-2、5を参照）。このように、地域内に賦存する資源量を推定することができれば、需要量を予測した上で収支計画を策定することが可能であると考えられます。



写真11. 林分調査（東近江市大森町）

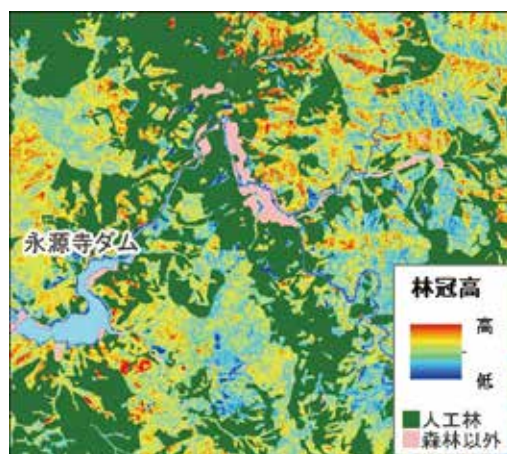


図4. 東近江市の広葉樹林冠高マップ

6-3. ゾーニングと利用に向けた合意形成

東近江市は、鈴鹿山系から琵琶湖までを愛知川が流れ、この流域は行政界が途切れることなく繋がっています。森林面積は市内面積の56%を占めており、平野部には低山地が点在し、燃料革命以降放置された雑木林が多く、コナラの大径木も多く見られます。東近江市の森林は民有林率が97%であり、その内訳は個人所有が一番多く、次に公社や公団所有、神社仏閣の所有林、集落の所有林が存在します（図5）。このように、森林所有者の多くが個人である山の場合、施業のために所有者の合意形成が不可欠になります。東近江市では、平成24年に里山地区で山から水田や畑に侵入するイノシシ等の獣害が深刻となり、獣害を減らすことを目的として、鬱蒼とした里山地区の森林を間伐する森林整備事業が開始しました。東近江市役所と東近江市永源寺森林組合では、森林経営計画制度を基に、集落単位で広葉樹林を団地化し、集約化施業が実施されました⁴⁾。元々資源利用を目的としていませんでしたが、施業を進める中でコナラの中径材や大径材等の資源が多いことがわかり、様々な用途に振り分けられるようになりました。整備後の森林は、すっきりした景観となり、近隣の集落からも森林整備の依頼がくるようになり、広葉樹林整備面積が増

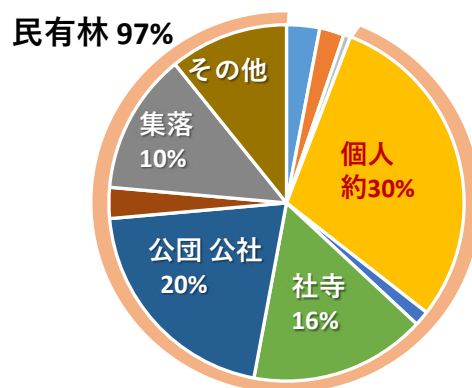


図5. 東近江市の森林所有状況
（滋賀県森林・林業統計要覧
H27年度版より作成）

加し、それに伴い搬出量も増加傾向にあります。近年は、薪業者と協定を結び、年間 300m³ ～ 500m³ の薪用原木を生産しており、今後 1000m³ まで伸ばす目標で生産をしています。

6-4. 資源のカスケード利用*と地域力

多種多様な木質資源を単独の用途ではなく、木質製品用、薪・ペレット用、きのこ原木、チップ等複数の用途を視野に入れ効率よく利用することは、森林整備を進める上で重要な視点です（図 6）。このように資源の質を重視した生産体制は、樹種も用途も多様な広葉樹には不可欠な考え方であり、今後利用を推進する地域戦略として有効であると考えられます。資源の循環的な利用を進めていくためには、生産と需要を繋ぐ情報が提示される必要があり、マッチングを実現するために、双方が歩み寄ることが大切です。東近江市では、林業事業体や自治体等がこの言わば「営業努力」を積極的に実践しています。東近江市永源寺森林組合では、搬出した広葉樹材は、樹種や質に応じて付加価値を高める販売努力をおこなっています。現在、複数の販路を確保しつつ、さらなる販路を求めて木材の特別市を開催したり、地域内外の木工作家や製材業者等に対して、必要とする樹種や板材加工時の寸法等のヒアリング調査を実施するなど、積極的な取り組みが行われています。良質なコナラ材は、都市部の国産家具メーカーのカatalogにラインアップされています。その一方で、地元のメーカーと組んで、変色材やピンホール材をそのまま素材の個性として活かし、山の現状と環境配慮性を伝える商品を開発しています（第 1 章 4 参照）。また、この地域の林業事業体や企業等が組織化された団体が、地域の間伐材や広葉樹の買い取り事業*を行い、地域材の有効利用促進のための様々な活動や商品開発に積極的に取り組んでいます。木地師の里でもある東近江市は、人と森との関わりが古くからあり、琵琶湖まで繋がる流域一帯を、その歴史的背景も含めた森と水のブランド化に向けた取り組みが進められています⁵⁾。

カスケード利用によって収益を高める



図 6. 東近江市における広葉樹（コナラ）のカスケード利用

*カスケード利用 *木材買い取り事業 p37. 補足説明参照

6-5. 利用後の森林再生

利用後の森林再生を考えるにあたって、天然更新か植栽をおこなうか、もしくは更新補助作業が必要か等を現場の状況を踏まえて慎重に考えなければなりません。前に述べたように、広葉樹の天然更新を促すためには、前生稚樹を損なわないような更新伐を実施する必要があります。散布種子や埋土種子から発生する後生稚樹による再生の場合は、林冠を構成しない短寿命のパイオニア種が優占する傾向があります。高木性の広葉樹樹種の種子は母樹からそれほど遠くに運ばれることは多くないので、いずれにしても種子供給源となる母樹が伐採地の近隣に存在する必要があります。現在、山では皆伐後に放置されて、その後森林が再生されていない場所が多く散見されます。その原因の1つとして、シカによる食害や密生する下層植生の繁茂が挙げられます。防鹿柵の設置や下層植生の刈払い、かき起こしなどの更新補助作業をおこなうことによって、広葉樹稚樹の定着が期待できる場合がありますが、近隣に広葉樹林が存在しない等の理由で天然更新が困難な場所においては、植栽も視野に入れた森林再生法を検討する必要があります。その際に用いる苗は、その地域で採取した種子から育成された苗木を用いることが、地域固有の遺伝子の継承という観点からも重要です。特に、ナラ類などは種子生産に豊凶があることや、種子の長期保存が困難であること、ナラ枯れ等の影響で母樹が枯れてしまう恐れがあることから、苗木としてストックする意義が大きいといえます。地域の森で大きく育った木は、自然に淘汰され残ったその地域の「精英樹」であり、その環境に適応した形質を兼ね備えており、地元の山の再生は地元の種子から育てた苗木を用いるのが、最も理にかなっているといえるでしょう。

東近江市永源寺森林組合では、平成28年度から地元産の種子を用いた広葉樹コンテナ苗の育成を試みています。試行錯誤を重ね、現在14樹種を育成しています（写真12）。今後、種子を採取した母樹は位置情報や木の状態、毎年の豊凶等を記録することによって、種子の採取計画や母樹の保全に役立てることができそうです。



H29年冬、H30年冬に播種。
現在、14種類を育成中。



トチノキ



クリ



オニグルミ



ヤマザクラ



アカシデ



ハリギリ



ハネミヌエ
ングジュ



サカキ



クマノミズキ



イイギリ



カヤ



センダン

他:クヌギ、ケンボナシ

写真12. 地元の種子から育成した広葉樹苗（東近江市永源寺森林組合）

第2章 資源量を推定するための技術

1

広葉樹資源はどこにどのくらいあるか？

田中 真哉

放置された広葉樹が大径化し、資源として充実しつつあることを背景に、今ある広葉樹を活用できないか模索する動きが出てきています。広葉樹の利用を進めていくためには、資源が今どこにどのくらいあるか？という情報が必要です。そこで、人工衛星と全国的な林分調査による観測・測定データから広葉樹資源量を推定し、立地条件を考慮することで、利用可能な資源量として広域推計しました。

広葉樹資源量の広域評価

ランドサット衛星の観測データと林野庁の全国的な現地実測調査データを位置情報に基づいて結合し、統計分析によって林分材積を広域推定しました。この方法による推定値は衛星データの1画素ではばらつきが大きいです。偏りが小さいことから数キロ四方のメッシュの平均蓄積や総蓄積量として利用するには有用です¹⁾。そこで、推定値を1kmメッシュで集約し、材積の総蓄積量を地図化しました(図1)。なお、資源量の推定に必要な広葉樹林の分布については、環境省の植生図を利用しました。ただし、植生図の常緑針葉樹二次林クラス(主にアカマツ)については、広葉樹林化が進んでいることが現地調査によって判明しているため広葉樹林に含めています。

資源量を推定した図1から、京都・滋賀県の福井県との県境や大阪南部などの県境付近で広葉樹資源が多いことが分かります。

利用可能な広葉樹資源量

資源の蓄積が十分でも、アクセスしやすいなど、施業を行う際の条件が良くなければ資源利用には至りません。そこで、図2には、近年の林業活動が主に林道から近い場所で行われていること²⁾、急傾斜地の林分では伐採にあたって安全面やコストなど、考慮すべき事項があることなどを踏まえ、図1の推計値に対して「林道から500m以内かつ斜面傾斜角が30度または35度未満の森林」という条件をつけて、利用可能な広葉樹資源量として図示しました。

条件をつけたところ、県境の資源量が多いエリアは傾斜がきつくアクセスが困難で、広葉樹の利用は進めにくいと判断されました。一方、滋賀県湖南地域などでは資源が充実しているとともにアクセス性等からもポテンシャルの高いエリアであると判断できました。図1と図2の差が大きなメッシュは資源が豊富でも利用が難しい場所ですが、今後、路網整備等で条件が整えば、資源の利用が可能となる余地が残されている場所とも言えます。

1

必要な考え方

2

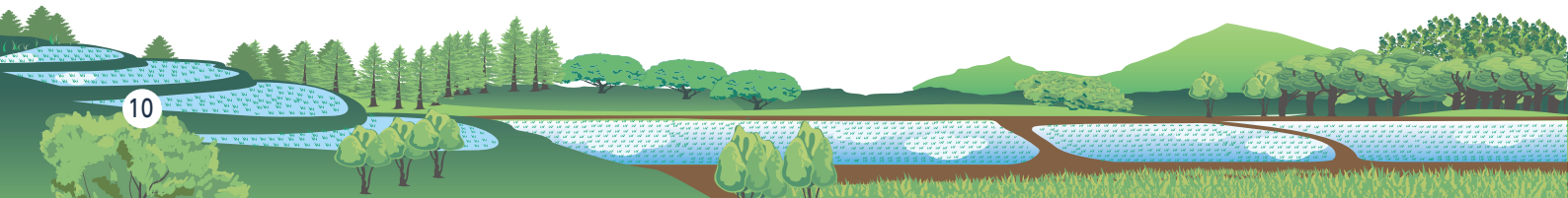
資源量推定

3

有効利用

4

再生の課題



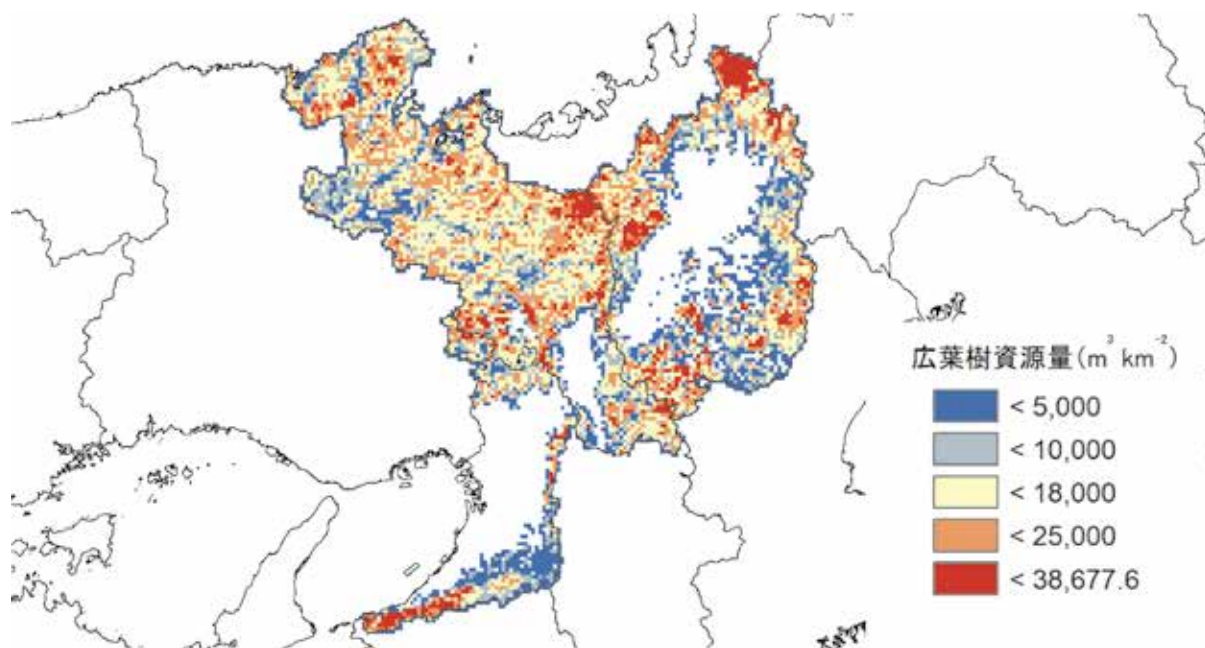


図1. 広葉樹の資源量分布の推定結果（一部アカマツ等針葉樹も含む）

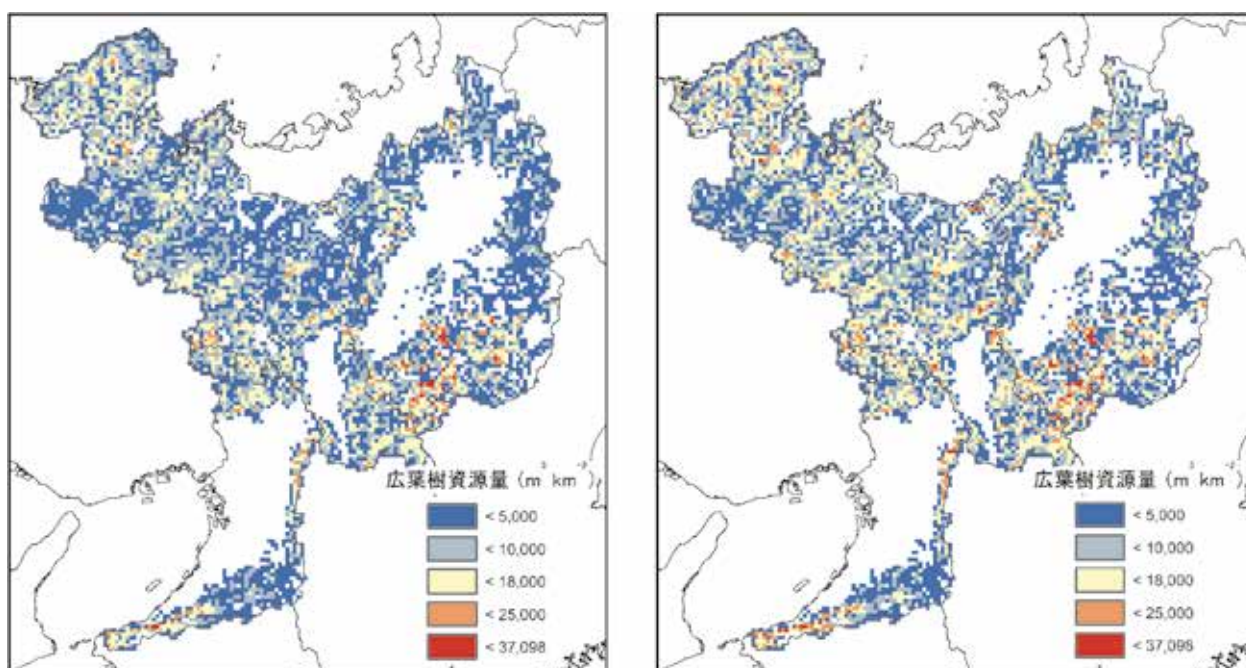


図2. 立地で条件づけた場合の資源分布（左：傾斜 30 度未満、右：傾斜 35 度未満）

※ 森林の利用が可能な条件は地域ごとに異なります。今回の結果は、あくまでも広域推計のために、いくつかの仮定を置いて得られたものであることにご留意ください。

※ 先行研究のうち、森林総合研究所交付金プロジェクト研究「NFIデータの不確実性の評価と森林資源情報の高度化（代表：北原文章）」および「木質バイオマス発電事業の安定的な拡大手法の開発（代表：久保山裕史）」から分析の材料となるデータ提供を受けました。

1

必要な考え方

2

資源量推定

3

有効利用

4

再生の課題

山下 直子、田中 真哉、中尾 勝洋、奥田 史郎

広葉樹資源の利用を考える際、どんな樹種がどれくらいあるかを把握する必要があります。そこで、近畿圏 2 府 12 県に出現する広葉樹種数とその資源量を推定しました。また、地域を絞り込んで林分調査を行い、胸高直径から材積を推定する 1 変数材積式を調整して、地域の広葉樹資源量を推定しました。

近畿圏 2 府 12 県における広葉樹資源の状況

近畿圏 2 府 12 県を対象に、林野庁の全国的な林分調査データを用いて、府県ごとに広葉樹の種数、落葉・常緑の割合、胸高断面積合計を計算しました（表 1）。ヘクタールあたりの胸高断面積合計が最も多かったのは福井県の $18.1\text{m}^2/\text{ha}$ 、最も少なかったのは奈良県の $10.6\text{m}^2/\text{ha}$ でした。落葉広葉樹の割合が高いのは日本海側の地域で、太平洋側の地域では常緑広葉樹の割合が多くなっています。出現種数は島根の 152 が最も多く、最も少ない大阪の 3 倍近くありました。各府県の上位 7 樹種の胸高断面積合計を比較すると、三重を除く 13 府県でコナラが最も多いことが分かりました（表 2）。

直径から材積を求める

前述の方法で広域を対象とした資源の推定ができますが、目の前の山の利用を考える際には、詳細な情報を得るための林分調査が必要です。そこで、滋賀県東近江市の広葉樹林での調査データを用い、胸高直径（D）から材積（V）を推定するための一変数材積式を調整しました（ $V=0.0001D^{2.355}$ ）。この式を、岐阜県飛騨地方で調整された材積式³⁾と比べると、同じ胸高直径の場合に材積がやや少なくなりました（図 1）。原因として、樹高や樹種、立地条件の違いが影響していると考えられます。一変数材積式は胸高直径の測定のみから材積を推定できる便利な方法ですが、少しでも精度を向上させるために適用範囲を限定し、地域ごとに材積式を調整する必要があります。

地域内の広葉樹資源量の全量推定

広葉樹資源がどのくらいあるかを推定するために、東近江市の 77 地点で行った林分調査データと環境省現在植生図を組み合わせ、調査地点が属する植生区分の面積を計算しました。その結果、クリーミズナラ群落 110.25km^2 、コナラ群落が 81.93km^2 となり、この面積と現地調査結果から、東近江市には約 286 万 m^3 の広葉樹資源量があると推定できました。特に、コナラの材積が約 142 万 m^3 と最も多く、重要な資源であることが分かりました。施業をおこなう場所の選定には、立地条件等の様々な要因を考慮しなければなりません。まずは地域内の広葉樹資源量を推定して森林資源情報を高度化することが重要です。

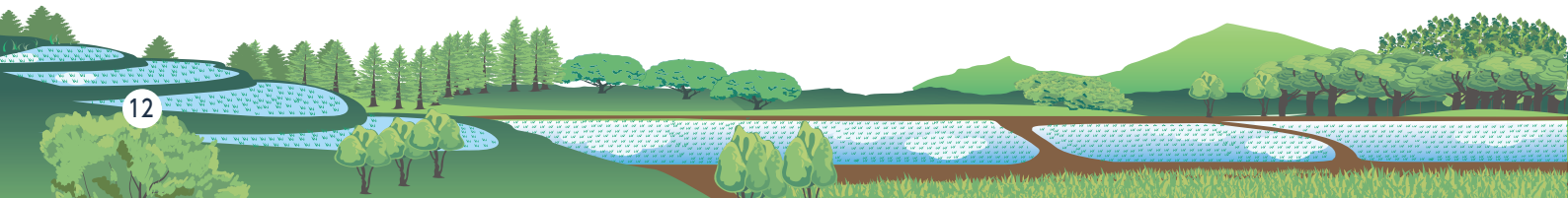
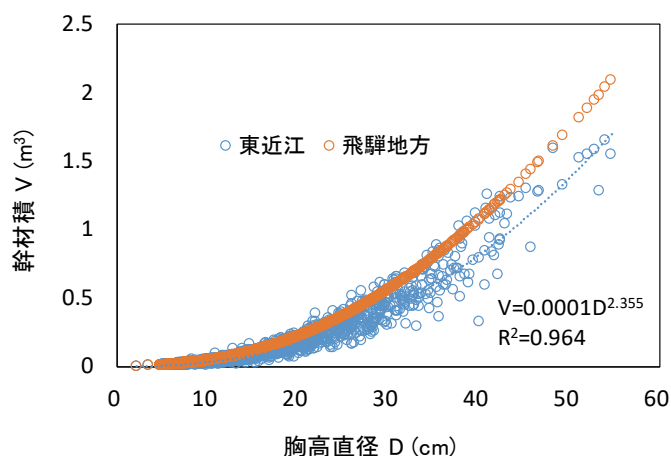




表 1. 近畿圏 2 府 12 県の広葉樹の状況

	胸高断面積合計* (m ² /ha)	落葉樹の割合 (%)	出現種数
京都	15.8	79.2	120
大阪	13.8	61.4	57
滋賀	13.9	77.8	126
奈良	10.6	74.1	85
和歌山	14.2	64.3	129
兵庫	12.7	76.3	139
三重	14.2	63.6	140
福井	18.1	85.0	147
石川	16.4	85.8	127
山口	14.4	64.4	132
広島	13.6	79.3	140
岡山	12.0	76.3	135
鳥取	14.1	81.9	116
島根	15.8	77.0	152

*広葉樹が出現したプロットにおける平均値

図 1. 東近江市における広葉樹の胸高直径と材積の関係
(市内での毎木調査結果に基づいた幹材積)幹材積計算は、森林総合研究所幹材積計算プログラム (<https://www.ffpri.affrc.go.jp/database/stemvolume/index.html>) を使用。表 2. 近畿圏 2 府 12 県における胸高断面積合計 (m²/ha) の上位 7 樹種

京都	コナラ	ソヨゴ	アベマキ	リョウブ	イヌシデ	アカシデ	トチノキ
	3.18	1.49	0.79	0.73	0.59	0.56	0.55
滋賀	コナラ	ソヨゴ	リョウブ	ブナ	ミズナラ	イヌシデ	タカノツメ
	2.33	1.11	0.85	0.81	0.79	0.45	0.43
大阪	コナラ	ソヨゴ	ウバメガシ	ヤマザクラ	クヌギ	アラカシ	ヤマモモ
	3.87	2.04	1.46	1.07	0.69	0.64	0.59
奈良	コナラ	ミズナラ	アラカシ	ウラジロガシ	ソヨゴ	ブナ	クヌギ
	1.72	0.74	0.59	0.49	0.48	0.48	0.45
和歌山	コナラ	シイ類	ヤマザクラ	アラカシ	ウラジロガシ	ウバメガシ	カゴノキ
	2.02	1.60	0.97	0.86	0.70	0.49	0.39
兵庫	コナラ	リョウブ	ウバメガシ	ソヨゴ	ヤマザクラ	クリ	アラカシ
	2.66	0.50	0.45	0.45	0.40	0.38	0.38
三重	シイ類	ウバメガシ	コナラ	アラカシ	ヤマザクラ	ウラジロガシ	ソヨゴ
	1.99	1.93	1.79	0.79	0.57	0.52	0.40
福井	コナラ	ブナ	シイ類	ケヤキ	ミズナラ	イヌシデ	ホオノキ
	2.82	1.80	1.34	1.04	0.99	0.65	0.60
石川	コナラ	ブナ	ミズナラ	ホオノキ	トチノキ	ケヤキ	クリ
	2.54	1.87	1.30	0.64	0.64	0.59	0.46
山口	コナラ	シイ類	リョウブ	タブノキ	クロキ	ソヨゴ	アラカシ
	2.27	1.66	0.71	0.68	0.65	0.61	0.55
広島	コナラ	ソヨゴ	アベマキ	クリ	リョウブ	コシアブラ	ミズナラ
	3.62	1.20	1.12	0.76	0.75	0.51	0.42
岡山	コナラ	アベマキ	ソヨゴ	リョウブ	クリ	アラカシ	カスミザクラ
	2.77	1.96	1.02	0.73	0.64	0.32	0.29
鳥取	コナラ	ブナ	シイ類	ミズナラ	ケヤキ	ソヨゴ	リョウブ
	3.18	0.85	0.78	0.65	0.64	0.60	0.55
島根	コナラ	シイ類	ソヨゴ	リョウブ	クリ	ノグルミ	ウラジロガシ
	3.01	1.07	0.83	0.78	0.66	0.52	0.51

1

必要な考え方

2

資源量推定

3

有効利用

4

再生の課題

齋藤 和彦

広葉樹の利用を進めるためには、森林所有の境界の把握が必要です。しかし、その境界は、明治時代の地租改正まで遡って判断しなければならない場合もあり、住民の高齢化や不在村化が進む中、困難さを増しています。本稿では、現場で行われた境界調査のデータと空中写真を照合し、空中写真の有用性を検証しました。

使用した境界情報

検証に使用した場所は、東近江市永源寺森林組合管内の2つの林班です。使用した境界情報は、同組合の境界測量の成果と、その資料となった公図、森林計画図（以下、計画図）です。照合する空中写真は、1947～2016年の間の6時期を選びました。

空中写真は、そのままでは地図と重ならないので、重なるように歪みを取り除く「オルソ化*」処理が必要です。空中写真をオルソ化すると、各写真の撮影位置や傾きの情報（＝標定情報）が副産物として得られ、3Dメガネを使った立体視による空中写真の詳細な分析も可能になります。

今回は、Agisoft 製 PhotoScan と ERDAS 製 LPS2010 の2つのソフトウェアでオルソ化を試みました。PhotoScan は、ドローンの空撮画像から半自動でオルソが作成できる最近注目のソフトウェアです⁶⁾。その機能を使って、オルソと標定情報を効率的に得ることを狙ったのですが、今回は半自動処理ができず、できたオルソに穴が空きました（図1）。そのため、最終的にはLPSのみでオルソ化しました（図2）。

公図、計画図、境界測量と空中写真の照合

完全に森林に覆われていると見えませんが、^{りどう}里道や境界木等の主要な境界要素は、オルソ化した空中写真で、ほぼ判読できました（図3）。さらに、空中写真を立体視すると、細かい地形も視覚的に把握できました。紙面では示せませんが、図3の例では、^{こあざ}小字や地番の形が、ほぼ地形に対応していることが読み取れました。

今回の場所の中には、公図、計画図、境界測量で、小字や地番の形がバラバラな例がありました（図4）。この小字は、境界調査の出発点となる公図が特に不正確で、その外形は現在の地形図上の形とかけ離れていました。境界測量は、所有者から境界情報を得て行われており、最も信頼できるデータです。しかし、この小字では地番2、3が未分割で、小字内に白地も残っていました。ここで空中写真を立体視すると、公図にある里道ルートが判読でき、公図に近い地番の配置を推定することができました。

境界調査では、公図、聞取調査、現場の確認作業が重要です。空中写真は、公図や聞取調査で得た情報を現場に結びつける仲立ちとして威力を発揮すると言えます。

*オルソ画像 p36. 補足説明参照

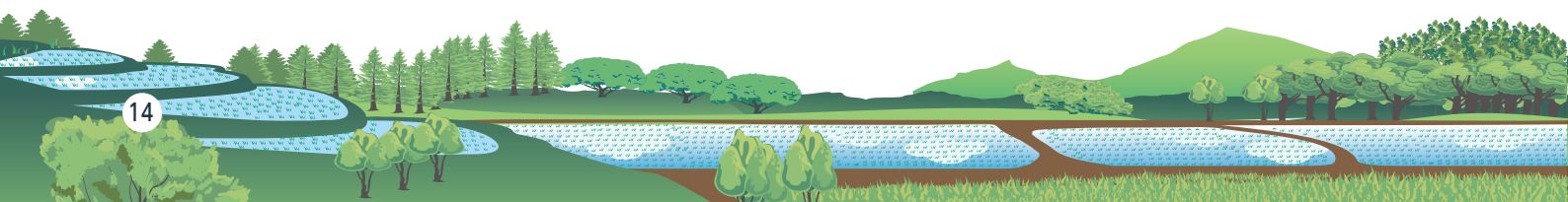




図1. PhotoScan によるオルソと穴

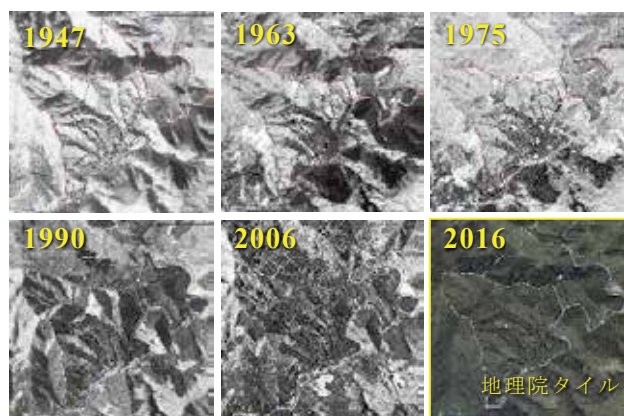


図2. LPS による時系列オルソ
(2016 年は地理院タイルを使用)



境界木(下図の黄色丸)



里道跡(下図の赤枠矢印)

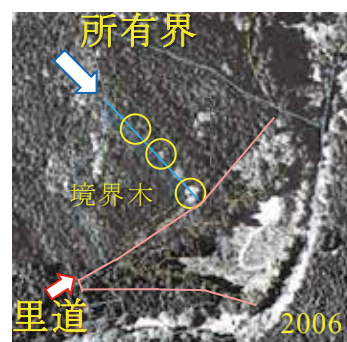
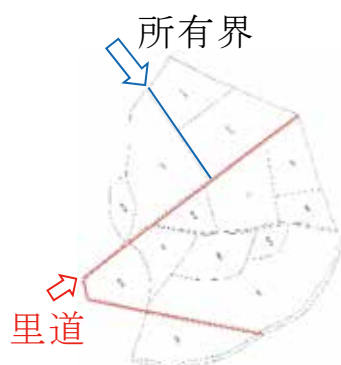


図3. ある小字の公図(下左)、オルソ(下中・下右)、現地情報(上)の対応
(赤線: 里道、青線: 所有界)



図4. ある小字の地番の情報源による配置の違いと空中写真判読による推定
(茶線: 林道、青線: 川、白点線: 里道と判読されるルート)

1

必要な考え方

2

資源量推定

3

有効利用

4

再生の課題

中尾 勝洋

落葉広葉樹が対象とする里山林の中にどこにどれくらい生育しているのか？といった情報は、広葉樹を利用するにあたって欠かせない情報です。そこで、ドローンによる空撮と画像処理を組みわせることで、植生タイプ、高さ、資源量を推定する手法について検討しました。今回の結果から、植物の季節性（開葉と紅葉期）に着目して空撮を行うことが重要であることがわかりました。

なぜドローンなのか

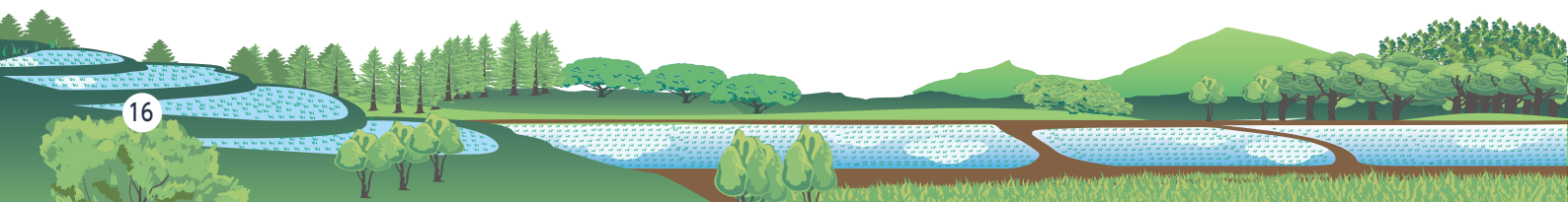
地域内の広葉樹資源は、現地調査を実施したり、衛星や航空機による画像情報を活用したりして把握されてきました。しかし、現地調査は広い範囲で実施することが難しく、衛星や航空機の画像はコストが高いことや現場レベルでの実行が難しいなどの課題がありました。そこで、ドローンを活用し、里山林の資源量を広範囲かつ低コストで推定する手法を検討しました。

どのように取り組んだか

対象としたのは、滋賀県大津市にある龍谷大学瀬田キャンパスに隣接する約 38ha の森林で、コナラなどの落葉広葉樹、スギ、ヒノキ、アカマツ等が混在する里山林です。ドローンを用いて、2017 年 4 月から 2018 年 1 月にかけて計 18 回の撮影を行い、撮影日ごとに画像処理を行って、オルソ画像を作成しました（図 1）。複数時期のオルソ画像を用いて統計解析により、4 つの植生タイプ（落葉広葉樹、常緑広葉樹、針葉樹、その他）の分類を行いました。その結果、落葉樹の開葉期（4 月下旬）と紅葉期（12 月上旬）の画像データの組み合わせで、植生タイプの分類精度が高いことがわかりました（図 2）。さらに、ドローンの画像から作成した DSM（林冠部の標高）と国土地理院から提供された DEM（地面の標高）のデータを用いて、林冠高を推定しました（図 3）。ドローンによる推定値は、実測値と比較すると平均 3.8m の誤差がありました。残念ながら、オルソ画像からは樹木を個体ごとに区分することが難しく、資源量推定に必要な本数密度を推定できませんでした。

ドローンは木質資源推定の有効な手段になり得るか

ドローンを活用することで、里山林の植生タイプと高さを推定できました。推定のポイントは、植物の季節性をうまく活用し撮影を行う事にありました。これは、衛星や航空機とは異なり、任意のタイミングで柔軟に空撮を行うことができるドローンの特性が発揮された結果と言えます。今後は、今回の手法の汎用性について、他地域に適用し検証する必要があります。





1

必要な考え方

2

資源量推定

3

有効利用

4

再生の課題

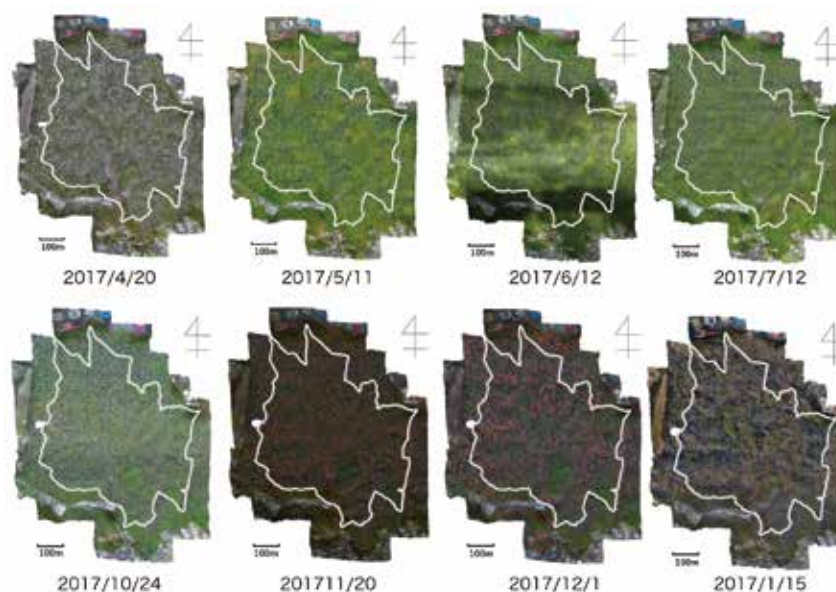


図1. 季節ごとの代表的なオルソ画像（白枠は対象とした龍谷の森の範囲を示す）



開葉期のみ、もしくは紅葉期との組合せで分類精度高い

	Mean	針葉樹	落葉樹	常緑樹
4/20	0.92	0.95	0.91	0.89
4/20*4/25	0.89	0.93	0.90	0.86
4/20*12/1	0.87	0.92	0.92	0.76
4/20*11/20	0.86	0.90	0.91	0.77
4/25*12/1	0.84	0.86	0.87	0.79

図2. 統計解析による画像分類の例（左図）と推定精度（右図）

落葉広葉樹（緑）の林冠を抽出している。赤線は対象とした龍谷の森の範囲を示す。推定精度はAUCという統計量で示し（1に近いほど精度がよい）、上位5つの組み合わせパターンの結果のみ示した。4/20のみの画像を用いた分類精度が最も高かった。

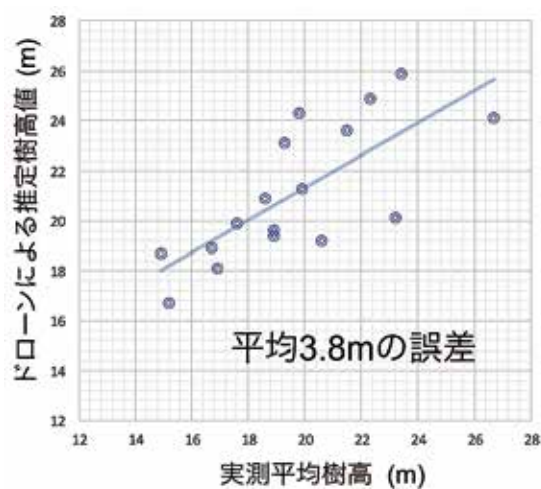
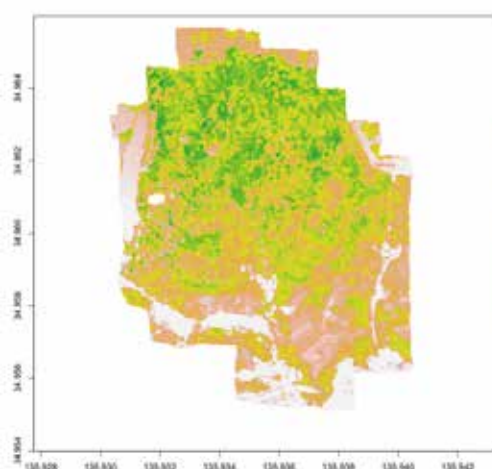


図3. ドローンから推定された林冠高（左図）とドローンによる推定値と実測値との比較（右図）

奥田 史郎、山下 直子

広葉樹には板材、薪材、シイタケ原木など様々な用途があり、一本の木からいろいろな用途の材が得られます。そのため、枝や先端部分なども活用できれば、これまで考えていたよりも利用できる材積が多くなります。そこで、里山に多いコナラ、ヤマザクラを対象に、胸高直径から利用可能な材積を用途別に推定する方法を検討しました。

広葉樹では色々な径級の材が使える

広葉樹は針葉樹に比べると利用形態が多様です。建材や家具材などの他に、燃料用薪材やきのこと原木などに利用されており、それぞれ用途に適した径級が異なります。また小物などの素材加工用に短材も利用することから、様々な用途に合わせ（写真 1）、一本の木を枝や先端部などを含めてあまねく利用することができれば、利用可能な総材積量はこれまで考えていたより多くなると考えられます。

用途別の資源量を推計する

広葉樹には多様な用途があるため、総材積量だけではなく、用途ごとに利用可能な材積を推計することが重要です。そこで、図 1 のように、径 30cm 以上の大径部分は板材に、径 14cm から 30cm までの中径部分は素材加工か機械加工の薪材に、それ以下の 6cm までの小径部分をシイタケ原木か燃料用薪材に、それぞれ用途を仮定して資源量を推計しました。

調査は東近江市のコナラとヤマザクラの多い広葉樹林で行いました。それぞれの立木について、主幹と分枝 1 本で直径 6cm 以上の根元、先の直径とそれぞれの材の長さを現地で測定しました。これらを、小径材、中径材、大径材に分類して集計し、用途（径級区分）ごとの材積とそれらを合算した利用可能総材積量を計算しました。

胸高直径と利用可能総材積の関係は、コナラとヤマザクラのどちらも曲線の関係になりました（図 2）。枝なども利用することを想定しているため、総利用可能材積量は材積表から推定される幹材積と比べて多くなりました。また、推定式の係数はコナラの方が大きく、胸高直径が大きくなるほど材積の差が大きくなる傾向がありました。

径級区分ごとに胸高直径と材積の関係を見てみると、どの径級でも直線的な関係になりました（図 3）。コナラはヤマザクラに比べて材積が大きくなる傾向にあり、特に小径材での差が大きくなりました。この差は、樹幹形状や樹形の違いから生じる枝量の違いなどから生じているものと考えられます。

本研究によって、用途ごとに利用可能総材積量を推定する計算式が得られました。この推定式に対して樹種や地域による差がどの程度影響するかなどについて、今後さらに分析する必要があります。

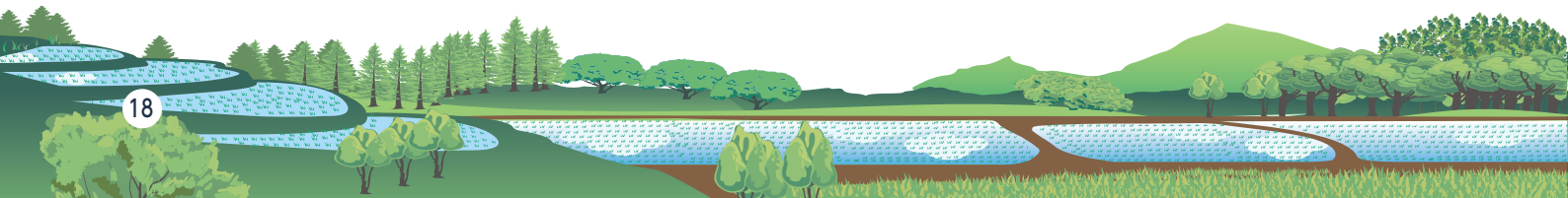




写真1. シイタケ原木(コナラ)

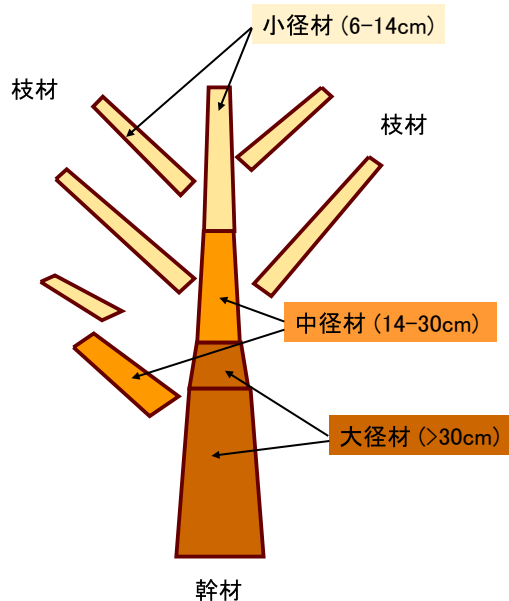


図1. 径級別の素材分別のイメージ

コナラ $V=0.000088D^{2.59}$ $R^2=0.973^{**}$
 ヤマザクラ $V=0.000153D^{2.42}$ $R^2=0.965^{**}$

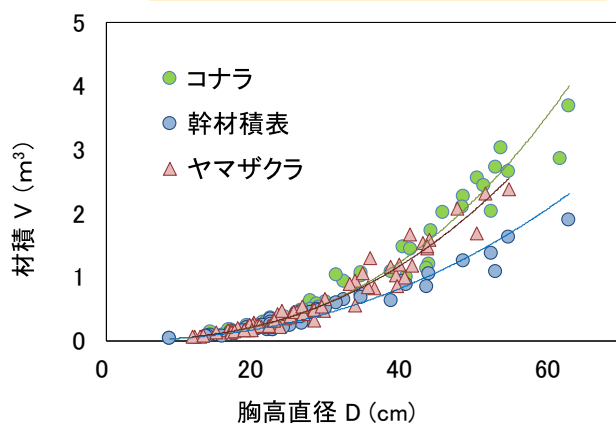


図2. 枝を含む総材積と幹材積との関係
 幹材積は、立木幹材積表(西日本編、林野庁)
 広葉樹Ⅱ型材積式による。

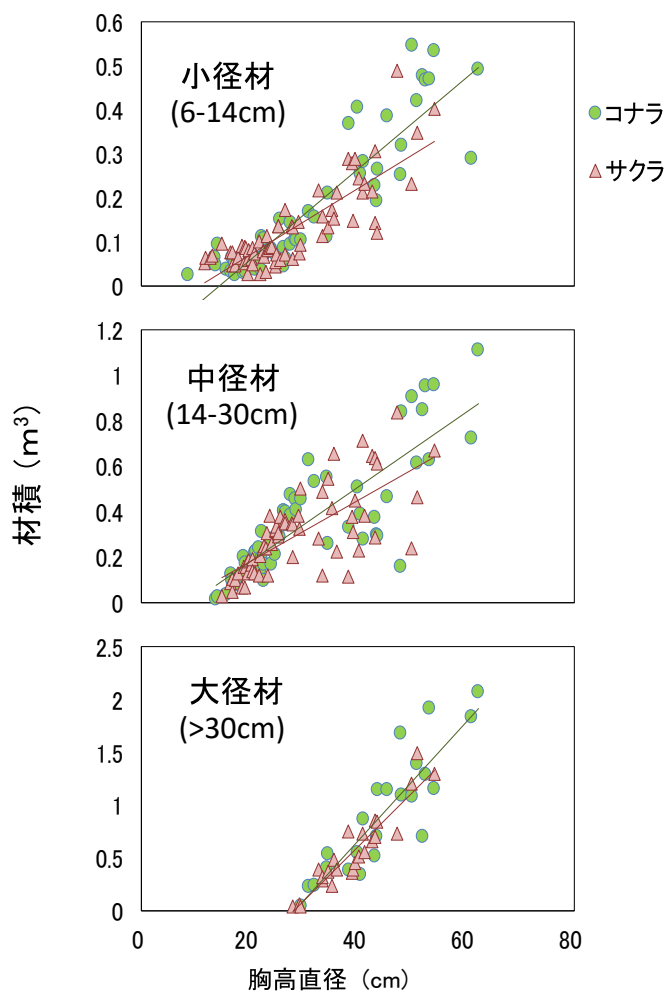


図3. 径級ごとの胸高直径と材積との関係

1

必要な考え方

2

資源量推定

3

有効利用

4

再生の課題

細田 和男

森林資源は重量ベースでも取り引きされるため、幹の体積（材積）だけではなく、重量（バイオマス）も推定する必要があります。対象とする広葉樹林の材積が既知であれば、バイオマス拡大係数と容積密度を掛け算するだけでバイオマスを求めることができます。また、新規に毎木調査を実施する場合は、胸高直径だけの測定でも構わないことが分かりました。

計算方法によるバイオマスの違い

毎木調査から枝葉を含めた地上部バイオマス（写真 1）を計算する方法には、林分の材積を算出してから、バイオマス拡大係数と容積密度を掛け算してバイオマスに換算する方法（方法①）と、単木ごとにバイオマスを推定してから林分全体で合計する方法があります。後者はさらに、胸高直径と樹高から推定する方法（方法②）と、胸高直径だけから推定する方法（方法③）に分けられます。このような推定方法の違いで、バイオマスにどの程度の差が出るのか、広葉樹林の調査データを用いて比較しました。

方法①のバイオマス拡大係数と容積密度は、国連気候変動枠組条約で採用されている公式の値⁴⁾、また、方法②と③による単木のバイオマス推定式は次式⁵⁾を用いました。

$$\ln(\text{AGB}) = -1.876 + 2.174 \times \ln(D) + 0.283 \times \ln(H) + 0.611 \times \ln(\rho)$$

$$\ln(\text{AGB}) = -1.196 + 1.622 \times \ln(D) + 0.338 \times (\ln(D))^2 - 0.044 \times (\ln(D))^3 + 0.708 \times \ln(\rho)$$

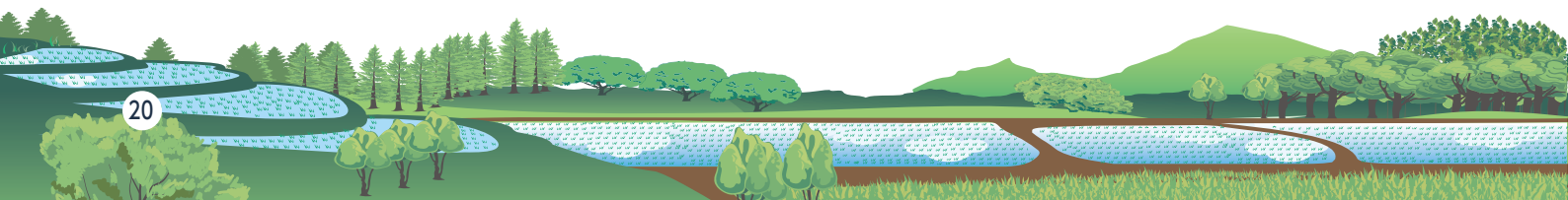
ここで AGB は地上部バイオマス (kg)、D は胸高直径 (cm)、H は樹高 (m) ρ は容積密度 (g/cm³、ton/m³)、ln は自然対数です。容積密度は方法①と同じ値を使用しました。

方法①～③で計算された地上部バイオマスと伐倒調査から求めた真値との相互関係を図 1 に示しました。真値に対する方法①～③の誤差の絶対値の平均は、それぞれ 21.3、22.6、21.2 ton/ha でほとんど変わりません。また、方法②と③による計算値はほぼ同じでした。

バイオマスの計算は省力的でよい

この結果から次のことが分かります。まず、単木ごとにバイオマスを計算してから合算する方法は、林分材積から換算する方法と大差なく、林分材積がすでに分かっているのであれば、バイオマス拡大係数と容積密度を掛け算するだけでよさそうだと、ということです。また、単木のバイオマスの計算で、胸高直径と樹高を用いた結果と、胸高直径だけを用いた結果はほとんど同じだったことから、新規に調査を実施しようとする際は、胸高直径だけの測定で構わないことが分かりました。

広葉樹林は、針葉樹の植林地に比べて立木の大きさや配置が不均一なので、狭い標準地ではヘクタール当たりに換算したときの誤差が大きくなります。そのため、樹高測定は省略し、標準地の面積を広くするほうに労力をかけるのが合理的です。



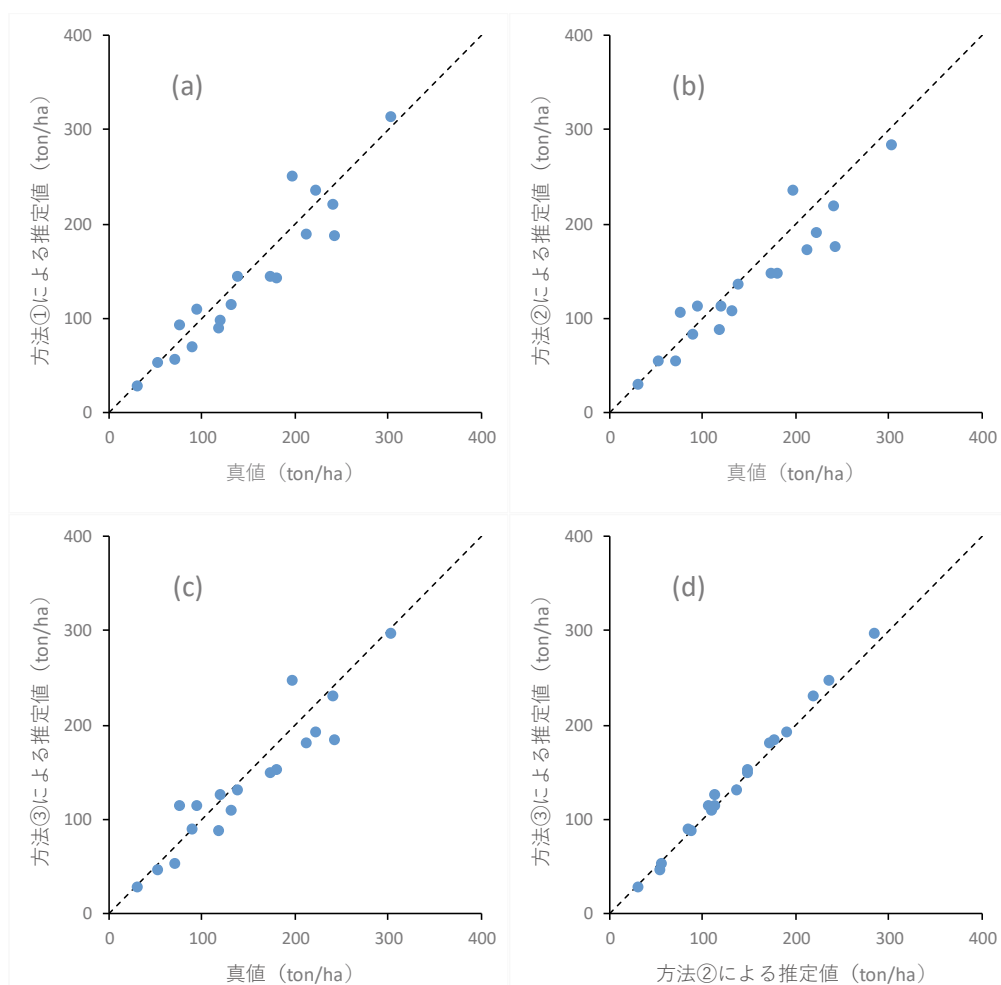


図 1. 3つの方法で計算した地上部バイオマスの比較（斜めの破線は 1:1 を示します）



写真 1. バイオマス拡大係数やバイオマス推定式を定めるための伐倒調査

1

必要な考え方

2

資源量推定

3

有効利用

4

再生の課題

諏訪 鍊平

日本は南北に長いため、亜熱帯から亜寒帯まで気候が異なり、広葉樹の種類も豊富なので、バイオマスの計算に種や地域をまたぐ汎用モデルを使うことができれば便利です。そこで、気候因子を考慮したうえで、日本の様々な樹種に適用できる新しい汎用バイオマス推定式を構築しました。

バイオマス推定式の開発

バイオマス推定式には、種や地域をまたぐ汎用モデルが提唱されています^{5) 7)}、組み合わせた種や地域によっては十分な精度が得られないことも知られています⁸⁾。この要因のひとつに、地域間での気候条件の違いと対応する樹木側の形態の変化が考えられます⁹⁾。日本列島では西南地域から北東地域まで複雑な地形が入り組み、気候帯としても亜熱帯から亜寒帯まで入り組んだ形で気候が変化しています。日本全体の広範囲にまたがるバイオマス推定のモデルを適用するためには気候因子も組み入れた地域間での環境要因の変動を取り入れた新たな汎用モデルの構築が必要です。

そこで、2003年から2006年にかけて、北海道から沖縄までを含む89地点において測定された調査データ（図1）を利用して、地域間での環境要因の変化を考慮した新しい汎用バイオマス推定式の構築に取り組みました。

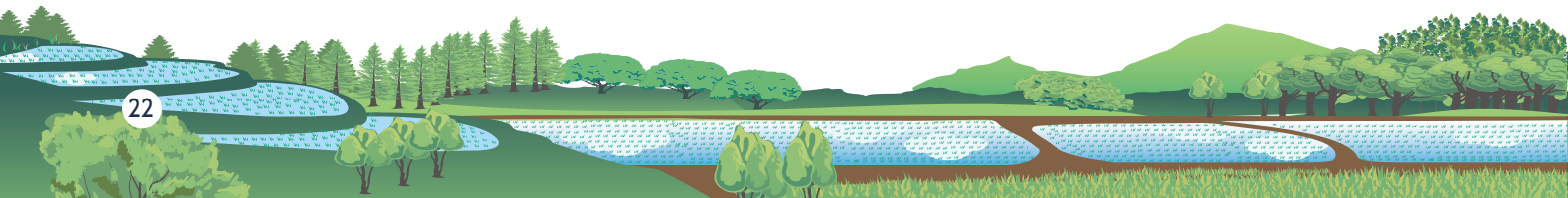
この調査では、66種の樹木で合計893個体の胸高直径（D、地上1.2 m）、樹高（H）および地上部の各器官（葉、枝、幹）の生重量が測定されています。また、一部の個体については胸高位置の円盤が採取されて、これから容積密度（ ρ ）も計算されました。環境要因としては各調査地の積算温度、降水量を国土数値情報より求めました。胸高直径、樹高、温度、降水量を説明変数とし、緯度経度の効果 s （lat, lon）も考慮して、地上部バイオマスと各器官のバイオマスを推定する統計モデルを構築して、変数選択により最適モデルを決定しました。

最適な汎用バイオマス推定モデル

地上部バイオマス（AGB）を推定する最適モデルは次のようになりました。

$$\ln(\text{AGB}) = 0.92 \times \ln(D^2H) + 0.96 \ln(\rho) - 2.10 + s(\text{lat}, \text{lon})$$

このモデルによる予測値は、実測値とよく適合していました（図2）。ただし、温度、降水量は効果に採択されず、緯度経度のみが変数として採択されました。一方、個別器官の枝および葉のバイオマスは、前記に加えて積算温度も採択され、寒くなるほどバイオマスが減少する結果になりました。このことは、葉や枝などの生産器官は地上部バイオマスに比べてより直接的に温度の影響を受けていることを示すと考えられます。





1

必要な考え方

2

資源量推定

3

有効利用

4

再生の課題



図 1. 北海道から沖縄までの 89 地点の調査位置

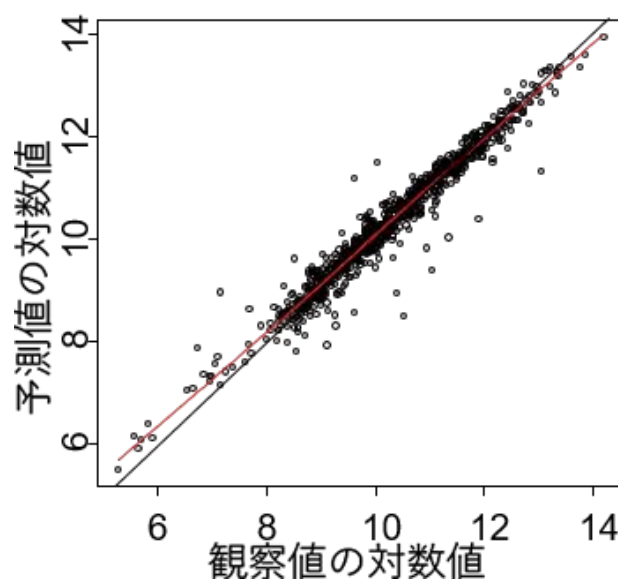


図 2. 地上部バイオマス (g) の推定のための最適モデルによる予測値と観察値との比較
黒色の直線は 1 : 1、赤色の曲線はトレンドラインを意味する。

第3章 広葉樹の有効利用のための情報

1

近畿の広葉樹（コナラ）の用途

垂水 亜紀

国産広葉樹の9割は、チップ用として供給されています¹⁾。ただ、かつての主流であった薪やシイタケ原木としての需要は現在も高まっており、価格も上がってきています。さらに、外国産の広葉樹入手が不安定な状況や国産材、地域産材のニーズも踏まえ、家具、建材メーカーが国内の広葉樹を求めています。直径の太い材や通直な材は、少しでも単価の高い用途に活用し、山元に利益を還元することで、広葉樹二次林の持続的な経営に結びつけていく必要があります。

シイタケ原木

シイタケ生産が活況を呈した70年代の原木不足の頃から、北関東・東北のコナラが供給されており²⁾、平成22年では流通している原木の約60%が福島県産でした。しかし東日本大震災で状況が一変し、福島からの供給に依存していた生産地では、原木の確保に奔走している状況です。その結果、各地で価格の上昇が起こっています（図1、2）。流通する原木は、平均で直径12cm、長さ95cmですが³⁾、かつてのシイタケ原木林は大径化し、適合する径の材の供給が困難であることも事実です。幹だけではなく節のない比較的通直な枝部分も活用し、販売することも検討する必要があります。

薪

薪ストーブの設置台数が増加していることから、近年の薪需要が注目されています。滋賀県では平成27年度から木質燃料暖房機器に対する補助により、年間50台の薪ストーブが設置されています。流通している薪の直径は概ね20～40cmで、大型の薪割機を導入しているところでは4m材の受け入れがメインになっています。これはチップ用原木のサイズとも重なっています。樹種はコナラ、カシが中心で、ピザ用も含めて今後しばらくは堅調な需要が見込めます。

家具材・内装材

近年の県産材活用促進施策に伴い、公共施設のテーブルや椅子、床などに地域の広葉樹を活用する自治体が増加しています。これまでコナラはほとんど使われていなかった樹種ですが、比較的安定した供給が期待できるため、見直されています。メーカー側から要求される条件は板材での安定供給です。少量の利用であれば4～5m³（板）の供給でも取引可能です。ただし、原木の直径が30cm以上は必要となります。国内で広葉樹の製材・乾燥技術を持つ工場が激減していることから、まずは技術のある工場を掘り起こし、川上・川下とのネットワークを結び直すことが重要です。

1

必要な考え方

2

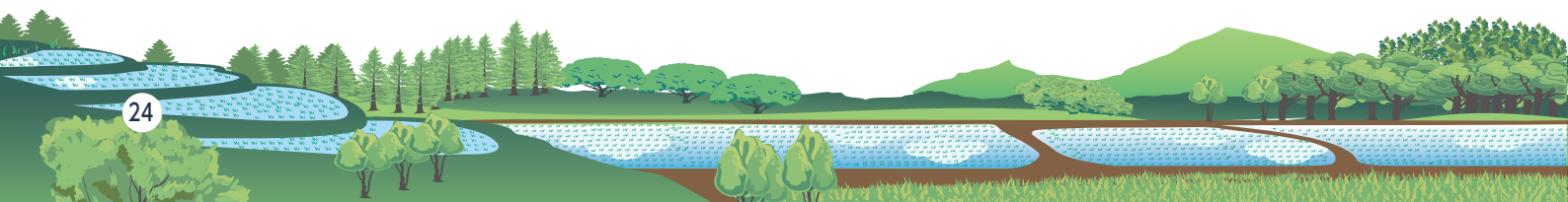
資源量推定

3

有効利用

4

再生の課題



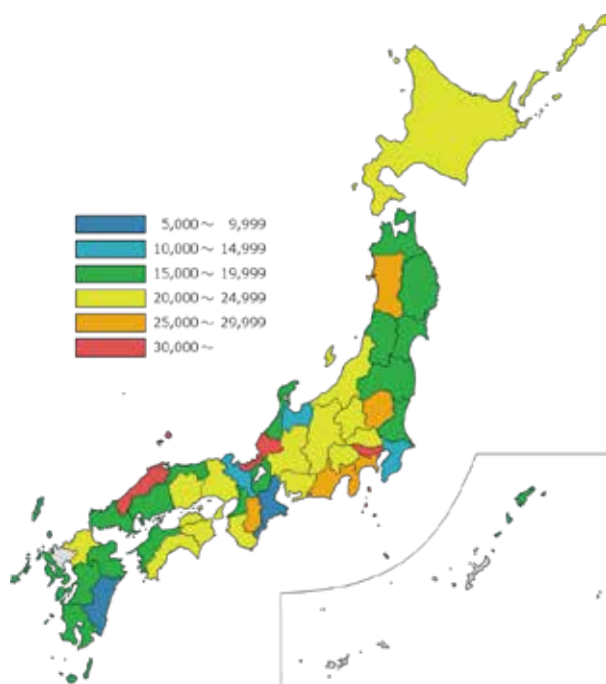


図 1. 平成 15 年都道府県別シイタケ原木価格
(ナラ、m³ あたり)

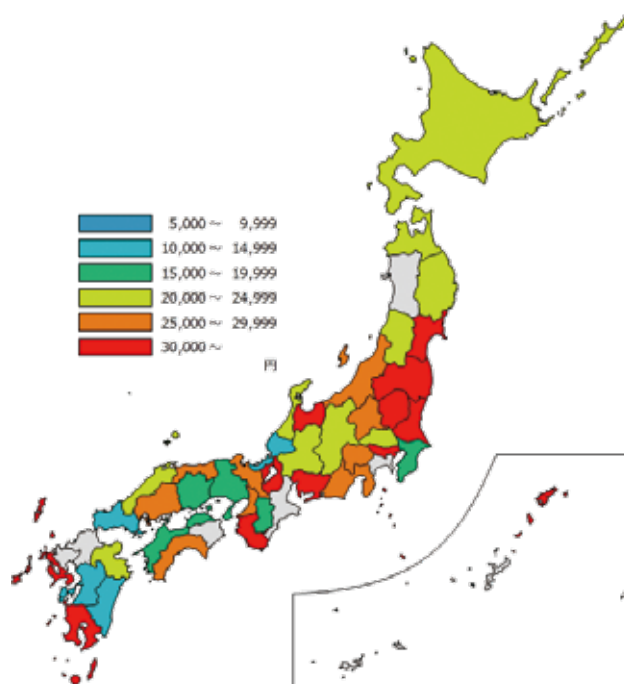


図 2. 平成 28 年都道府県別シイタケ原木価格
(ナラ、m³ あたり)

1

必要な考え方

2

資源量推定

3

有効利用

4

再生の課題



写真 1. 大型薪割機による薪の製造

山本 伸幸

日本において燃材利用は古くから行われてきました。明治期以降、西洋技術を取り入れ、近代化へと邁進しますが、戦後 1950 年代の燃料革命によって、化石燃料に置き換わるまでは、家庭燃料のほとんどは薪や木炭でした。明治から現代に至る、日本における燃材利用の歴史的推移を、統計資料を元に数量的に概観すると、木材利用の中で燃材がいかに大きな位置を占めてきたかが分かります。高度経済成長期以降、すっかり影の薄くなった燃材でしたが、近年、再び注目されています。

日本における燃材利用の歴史的推移

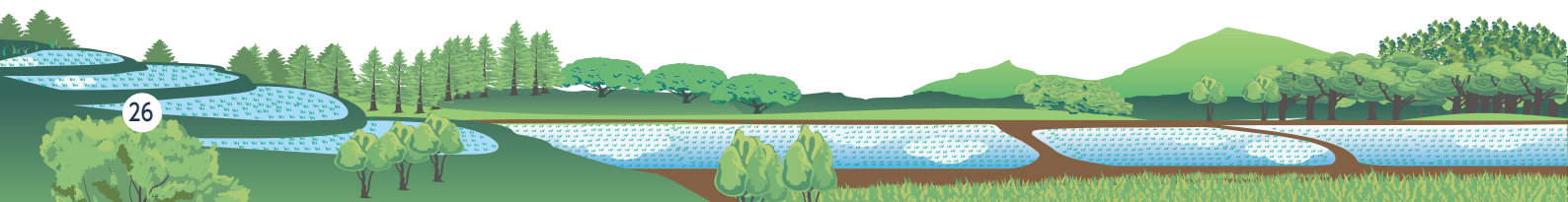
薪や木炭などの燃材利用の歴史は古く、里山の広葉樹も多く用いられてきました。その近代以降の量的推移を知るために、複数の統計資料を接続して、1880 年（明治 13 年）から現代までの燃材利用量の変化を、用材利用量の変化とともにグラフに表しました（図 1）。そこから、①第二次大戦前から 1950 年代の燃料革命まで、用材を凌ぐ燃材利用量があった、② 1960 年代前半から 1970 年代前半のわずか 10 年間に燃材利用量は激減、③近年の新たな木質バイオマス利用となどの動きを受けた燃材利用量の増加、といった点が見てとれます。

北欧フィンランドとの比較から分かること

フィンランドは北欧の森林国です。その国土面積、森林面積は 34 万平方キロメートル、26 万平方キロメートルと日本と近く、また林業、林政の近代化に取りかかった時期も日本同様に 19 世紀後半で、両国の比較は様々な知見を与えてくれます。そこで、フィンランドの燃材利用量と用材利用量の推移について、図 1 の日本と同じスケールで並べてみました（図 2）。両図を比較すると、①第二次大戦前から 1950 年代の燃料革命までの用材、燃材利用量の傾向は同様だが、フィンランドの人口規模が日本より寡少なため、燃材利用量は相対的に少なかったこと、② 1973 年の第一次石油危機以降も、一定の燃材利用のあったことが分かります。

燃材利用の最近の動向

最近の燃材利用の大きな変化は、木質バイオマスエネルギーと呼ばれる木材の新たな熱・発電源としての利用です。背景には、石油危機以降、欧州を中心に培われてきた技術革新がありますが、近年、日本でも同様の動きが拡大しつつあります。一方、伝統的な薪炭利用についても、長らく凋落傾向であった薪生産量が下げ止まり、ここ十年ほど再び伸びを示す動きが見られます（図 3）。写真は、日本各地で見られるようになった中部地域の大手木材市場会社の土場で出荷を待つ薪材です（写真 1）。この木材市場会社はスギ、ヒノキなどの素材、製材を主として市場を運営していますが、ナラ、クヌギの薪を中心に、ピザ、パン屋などの商業用や家庭用向けに薪販売も手がけ、近年、業績を伸ばしています。日本の燃材利用は、新旧利用の両面で新たな時代を迎えています。



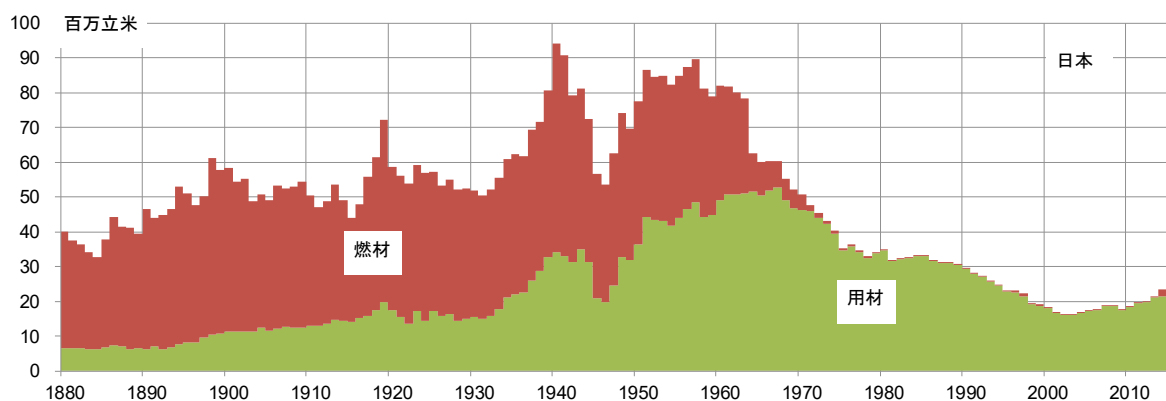


図1. 日本における燃材利用量の長期的推移（1880-2015）
資料：熊崎（1967）、『森林・林業統計要覧』各年版、FAOSTAT-Forestry database

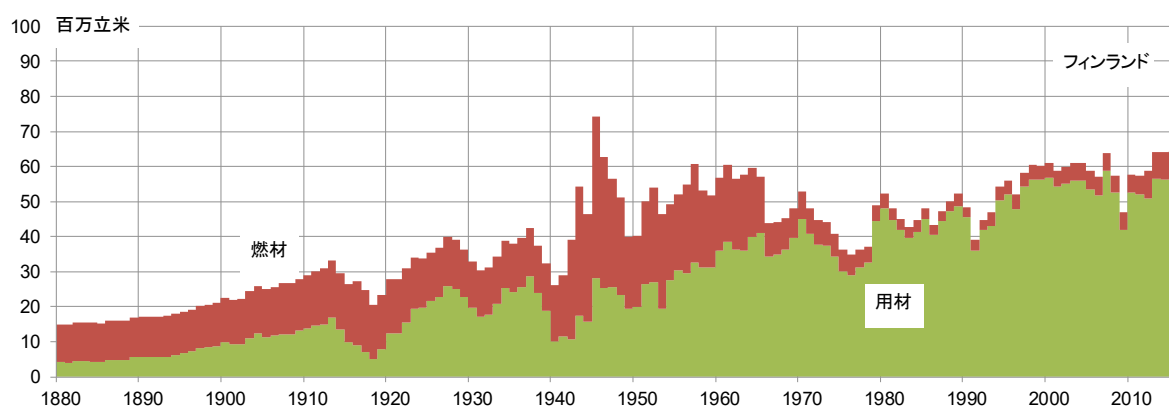


図2. フィンランドにおける燃材利用量の長期的推移（1880-2015）
資料：Kunnas（1972）、METLA Metsätaloustilastollinen vuosikirja 各年版、FAOSTAT-Forestry database

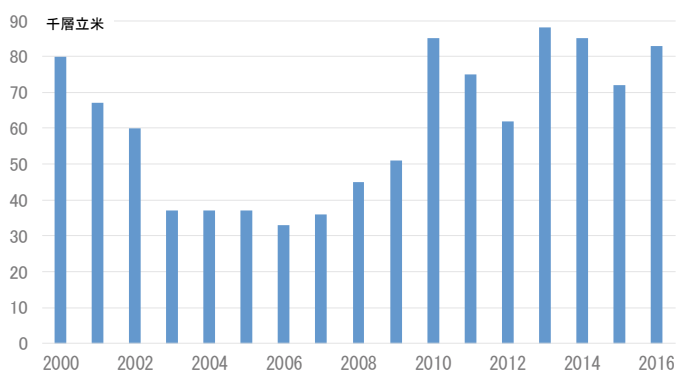


図3. 日本における新生産量の近年の推移（2000-2016年）
資料：『特用林産物生産統計調査』各年版



写真1. 木材市場会社の土場で出荷を待つ薪材

1

必要な考え方

2

資源量推定

3

有効利用

4

再生の課題

小林 功

コナラは中山間地域において里山が有効に機能していた頃は、薪などの家庭用燃料あるいはシイタケ原木として利用と植栽が繰り返され、有効利用されてきました。しかし、燃料革命により薪の使用量が少なくなり、シイタケの生産量も安価な外国製品との競合によって減少し、現在ではあまり使われなくなりました。里山の整備を経済活動によって支えるため、コナラの新しい利用法の開発は急務と考えられます。ここではコナラの用材としての利用を念頭において、その材質的特徴と乾燥特性、これまでに行われた利用技術開発について情報提供します。

材質的特徴

コナラは、辺材が淡黄褐色、心材は淡灰褐色で、1～3個の大きめの道管が並ぶ環孔材です（写真1）。収縮率が比較的大きい樹種であるため（表1）、製造時あるいは使用中の変形が懸念される一方、密度が高く、曲げ強度、表面硬さに優れており、フローリング、家具などの用途が期待されます。

乾燥スケジュールの例

使用中の木材の変形を抑制するため、乾燥によって含水率を整える必要があります。日本農林規格（JAS規格）では、用途によって含水率が定められています（表2）。製造時にこれらの含水率まで乾燥する必要があります。

表3は乾燥時の割れや曲がりなど欠点の抑制を重視した乾燥スケジュールの例⁴⁾です。現場での運用に際しては、このスケジュール例を参考にしつつ、割れやすさや変形のしやすさなど、実際に乾燥する木材の特性に合ったスケジュールを作る必要があります。

コナラ利用技術開発のための実証試験の例

①フローリング

コナラは製材時および乾燥時の変形が大きく、短尺材として利用に向くとされています。このため、単層フローリングでは短尺材を用いて⁵⁾、また変形しやすい欠点を補うため、スギ集成基材とコナラ化粧単板の組み合わせ⁶⁾あるいはスギとコナラの異樹種集成材による複合フローリングの試作が行われており、商品化された例^{5,7)}もあります。

②合板、単板積層材（LVL）*

スギをそえ板、コナラを表板・心板・裏板として用いた5プライの複合合板が試作され、JAS規格に適合する強度性能を持つことが確認されています。積層数9層のスギとコナラによる複合LVLの試作も行われ、カラマツやラジアータパインと同等以上の強度性能があることが確認されています⁸⁾。

*合板、単板積層材（LVL） p37. 補足説明参照



1

必要な考え方

2

資源量推定

3

有効利用

4

再生の課題

コナラの利用はまだ少なく、乾燥スケジュールも未完成な部分がありますが、広葉樹材への木材産業界の注目は高まりつつあり、家具を試作して見本市に出展するなどの普及活動もすでに行われています⁹⁾。今後、利用が進むことが期待されます。



板目面



柁目面

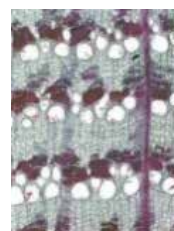
木口面
顕微鏡写真

写真1. コナラの板目面、柁目面、木口面写真と木口面の顕微鏡写真
(森林総合研究所 木材データベースより)

表1. コナラの材質的特徴

生材含水率			全乾密度	曲げヤング係数	全収縮率 %	
%			g/cm ³	kg/cm ²	接線方向	11.46
心材	65～72	範囲	0.65～0.82	47～113	放射方向	4.68
辺材	52～80	平均	0.74	81	繊維方向	0.67

表2. JAS 規格による含水率

種類	表記	基準
単層フローリング	天然乾燥	17%以下
	人工乾燥	13%以下
複合フローリング		14%以下
普通合板		14%以下
単板積層材(LVL)		14%以下
集成材		15%以下
広葉樹製材	D13	13%以下
	D10	10%以下
	天然乾燥処理	30%以下

表3. 乾燥スケジュール例

含水率 %	乾球温度 ℃	乾湿球 温度差 ℃
生~50	40	2
50~45	40	2.5
45~40	40	2.8
40~35	40	3.7
35~30	43	5.2
30~25	45	7
25~20	50	9.5
20~15	55	13
15以下	60	18



写真2. 試験施工された
コナラフローリング
島根県中山間地域研究センター
後藤崇志氏提供



写真3. コナラとスギの複合合板
島根県中山間地域研究センター
後藤崇志氏提供



写真4. 試作され、見本市で展示されて
いるコナラのテーブル
森林総合研究所 杉山真樹氏提供

第4章 広葉樹林の再生についての課題

1

広葉樹林の更新に対するシカの影響

伊東 宏樹

シカの多い地域では、森林の更新が阻害されることが問題となっています。ナラ枯れが発生した広葉樹二次林も例外ではありません。ナンキンハゼやクロバイなど、シカの好まない樹種しか更新しない可能性もあります。広葉樹二次林の更新を図る場合には、シカの影響がどの程度か見積もる必要があるでしょう。

シカは森林にどのような影響を及ぼすか

ニホンジカ（以後、「シカ」とします）による森林への影響が各地で問題となっています^{1) 2) 3) 4) 5)}。具体的な影響としては樹皮剥ぎや角研ぎなどもありますが、稚幼樹の採食による森林の更新阻害はとくに大きな問題です^{1) 2) 3) 4) 5)}。これは、広葉樹二次林でも例外ではありません^{7) 8)}。コナラやクヌギの広葉樹二次林は、おもに萌芽更新により維持されてきましたが、シカは新しく伸びてきた萌芽枝を次々と食べてしまいます。こうなると、やがて株自体が枯死してしまいます（写真 1）⁹⁾。さらに、下層植生全体が衰退してしまうと、土壌の侵食が発生する場合があります¹⁰⁾。



写真 1.
萌芽枝を採食されたクヌギの株
(2016年11月)



写真 2.
ナラ枯れ発生時の大文字山
(2010年10月)

ナラ枯れ跡地の更新へのシカの影響

シカの増加と並んで、広葉樹林で問題となっているのがナラ枯れ¹¹⁾です。ナラ枯れが発生した後の広葉樹林の更新に対しても、シカが影響を与えていることが予想されます。

筆者は、京都市左京区の銀閣寺山国有林（京都大阪森林管理事務所管内）において、1992年から2005

1

必要な考え方

2

資源量推定

3

有効利用

4

再生の課題



年まで調査を行なっていました。銀閣寺山国有林は、京都東山の北部、五山の送り火が行なわれる大文字山の山麓に位置し、1930年代にはアカマツやコナラなどからなる森林でしたが¹²⁾、1960年代以降の松枯れによりアカマツが大量に枯死¹³⁾、広葉樹が優占する森林となりました¹⁴⁾。林内では、2000年代前半には、シカによるものと見られる食痕がアオキに見られることあっても、シカの姿や声を見聞きすることはあまりありませんでした。一方、2005年にはナラ枯れも京都市内で発生しはじめていましたが、銀閣寺山国有林で枯死がピークとなったのは2010年のことでした（写真2）。そしてこのころには、シカもかなり増加していたのではないかと考えられます。

ナラ枯れ後の更新に対してシカが与える影響を調べるため、2014年からこの森林で再度調査を行ないました。このとき自動撮影カメラも設置しましたが、シカの姿は頻繁に撮影されるようになっていました（写真3）。

下層木の変化

1992年に設定した調査プロットのうち、広葉樹二次林部分の0.5haについて、5m×5mの方形区ごとに下層（胸高直径3cm未満）の木本植物のあり／なしを記録していました。そこで、2014年にも同様の調査を行ないました。1992年と2014年とで、木本植物の出現率の差を比較すると、アオキやイヌツゲといった低木が激減していることがわかりました（図1）¹⁵⁾。両種とも、シカの採食植物として知られており¹⁶⁾、シカの影響により減少したのではないかと考えられます。実際、近隣でアオキが残っている場所は、急斜面などシカの入りにくい場所に限られていました。

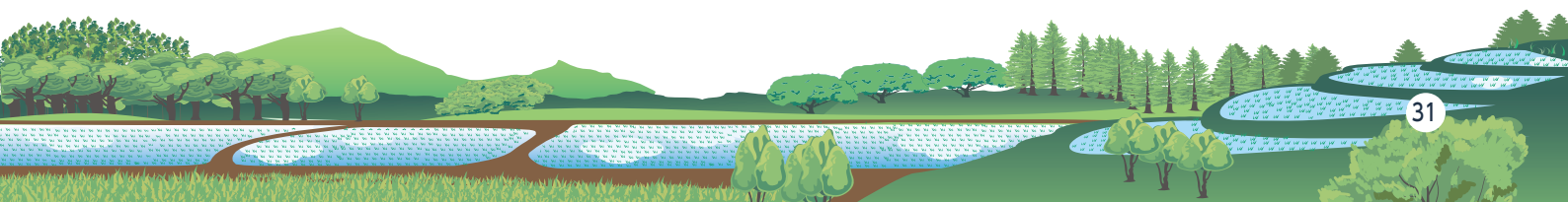
シカ柵内外の更新状況

銀閣寺山国有林内のナラ枯れによる枯損木は大半が伐倒処理されました。調査地内とその周辺の大径のコナラ枯死木も伐倒されましたが、その際、伐倒作業の支障となる周囲の木も伐倒されたため、処理跡は比較的大きな林冠ギャップとなりました。その跡地の一部には、京都大阪森林管理事務所が2011年にシカ柵を設置しました。

このシカ柵の内外で、木本植物の更新状況を比較することとしました。2015年に、15m×15mの方形区を、シカ柵の中と外とにそれぞれ1つずつ設定しました。ともに、ナラ枯れ跡のギャップ内です。このシカ柵の内外で、新規に更新してきた樹木の種類と数を比較してみました。すると、シカ柵内では、アカメガシワやタラノキなどの先駆樹種が更新し、アラカシやウワミズザクラも萌芽から更新していることがわかりました。一方、シカ柵外で胸高（1.3m）以上に成長していたのは、ナンキンハゼ（写真4）とクロバイのみでした（図2）¹⁷⁾。この2種はともに、シカの不嗜好性植物です¹⁸⁾¹⁶⁾。

シカの不嗜好性植物の増加

ナラ枯れ跡¹⁹⁾に設置したシカ柵内では、キイチゴ類やススキなどが増加した一方、柵外ではコバノイシカグマなどのシダ類のみが増加したことを報告しています。コバノイシカグマもシカの不嗜好性植物です¹⁶⁾。また、同じくシカの不嗜好性植物であるイワヒメワラビが林床に繁茂した例もあります⁸⁾。このほか、





9℃ 12-03-2015 13:15:27

写真3.
銀閣寺山国有林内に設置した自動撮影カメラで
撮影されたシカ
(2015年12月)

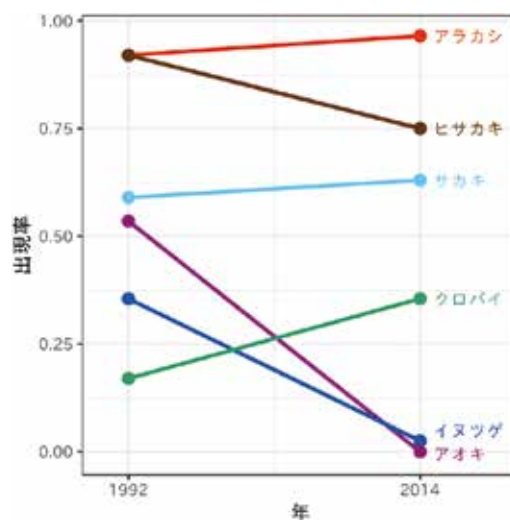


図1.
銀閣寺山国有林プロットの下層における
主要樹種の出現率の変化

ナラ枯れ跡の広葉樹林の下層にソヨゴが多くなっている事例も報告されています²⁰⁾。ソヨゴも、シカの不適好性植物として挙げられています¹⁸⁾。

実は、このようなシカの不適好性植物の増加は、ナラ枯れ跡地に限らず各地で報告されています。たとえば、ナンキンハゼは、同じくシカの多い奈良春日山でも林内のギャップで増加しています²¹⁾²²⁾。ナンキンハゼは、トウダイグサ科の落葉広葉樹で、中国南部原産の外来種です²²⁾。耐陰性が低いため、森林内への侵入はこれまであまり警戒されていませんでしたが、シカの増加により今後は注意が必要となるかもしれません²²⁾。

シカの不適好性植物のなかでも、シダ類や常緑の亜高木が低木層や亜高木層に優占すると、ナラ・カシ類などの高木性樹種の定着を阻害する可能性も考えられます。もっとも、こうした不適好性植物があることで、土地の裸地化が防止され、土壌を安定させる効果があることも考えられます。ただし、シカの嗜好性は連続的で⁶⁾、一般に、不適好性植物といっても絶対に食べられないというものでもないことに注意が必要です。

シカ影響の把握と回避策

以上のように、シカの増加は広葉樹林の更新に大きな影響を与える可能性があります。ナラ枯れへの対策として、高齢化した里山林を短伐期の低林に戻すことも選択肢のひとつに挙げられていますが²³⁾、シカの多い地域では、はじめに述べたように萌芽枝が食べられるおそれがあります。

したがって、広葉樹林の更新をはかる際には、シカの影響がどの程度あるのかを見積もる必要があるでしょう。落葉広葉樹林におけるシカの影響を測る指標としては、SDR²⁴⁾²⁵⁾がよく利用されています。そのほか、上で述べた、シカの嗜好性の高い下層植物（アオキやイヌツゲなど）の減少や、不適好性植物の優占も指標となるでしょう。



シカへの対策としては、広域的には、適切な目標を設定したうえでのシカの個体数管理とモニタリングが重要です⁵⁾。林分単位での対策としては、まずシカ柵が挙げられます⁴⁾。萌芽更新については、高伐りをおこなうことによりシカの採食を避けるという方法もありますが、これについては後述の「伐採位置を高くすることでシカから食べられにくくなるか？」を参照してください。



写真 4.
銀閣寺山国有林内のナラ枯れ跡ギャップに更新してきたナンキンハゼ
(2015年6月)

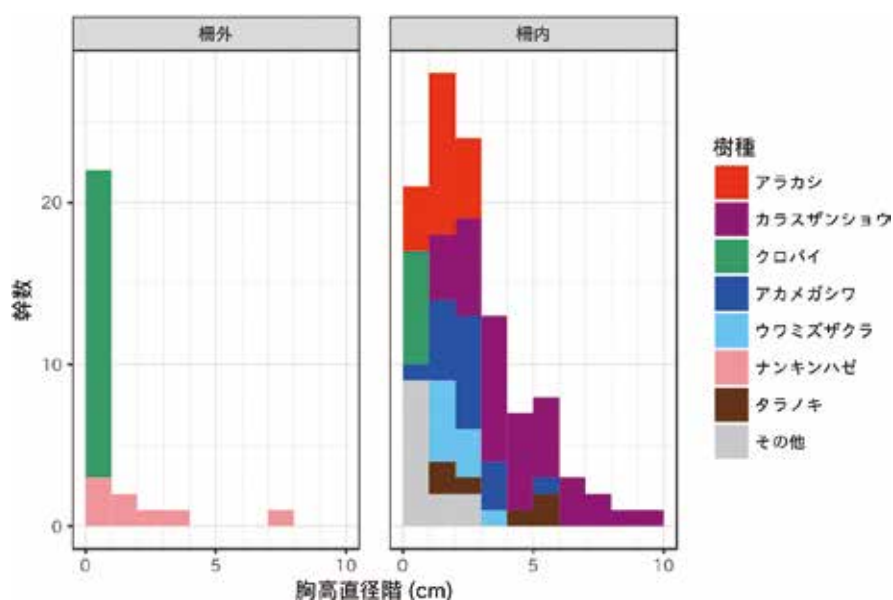


図 2.
銀閣寺山国有林内のナラ枯れ跡ギャップに設置したシカ柵の内外での新規更新木の樹種と数（225m²あたり）

1

必要な考え方

2

資源量推定

3

有効利用

4

再生の課題

高橋 裕史、諏訪 鍊平、中尾 勝洋、山下 直子、奥田 史郎

広葉樹林を再生するうえで、ニホンジカ（以下、シカとします）による実生や萌芽の食害が重大な阻害要因となっています。そこで、クヌギ・アベマキを高い位置で伐採し（写真1）、シカによる食害の影響と萌芽との関係を調べたところ、更新に必要な萌芽枝の生長にとって、伐採高が高いと梢端は食われずに残りやすく、伐採高 80cm 以上の高伐りが一定の効果をもつことがわかりました。

高伐りによる萌芽食害の軽減効果

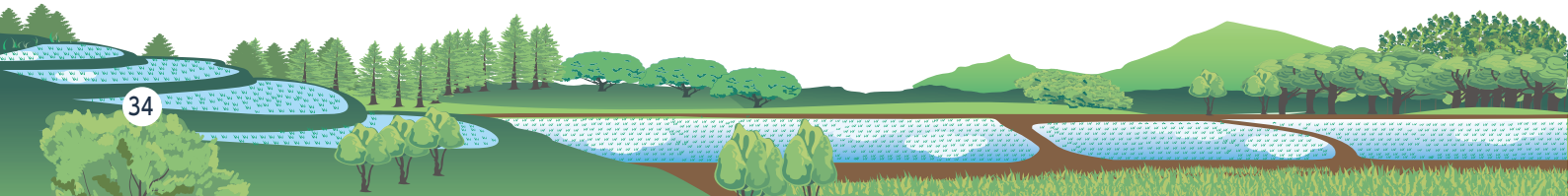
草食獣による萌芽への食害を回避するため、伐採高を高くして萌芽枝の発生位置を高めるポラード（pollard）とよばれる更新方法があります²⁶⁾。日本においても、高い位置で伐採して萌芽更新させる北摂地域の台場クヌギは、シカによる萌芽食害を免れてきたようです。そこで、防護柵によらないシカ食害防止手法として、高伐りによる萌芽食害の軽減効果について検討しました。

萌芽枝ごとの食痕の発生率について、記録した萌芽枝 599 本中 470 本 (78.5%) に食痕が認められました。梢端の地上高と食痕の地上高が一致する破線に重なる点は萌芽枝の梢端が食われていたことを、また破線より下にある点は萌芽枝の側枝に食痕があっても梢端は食われずに残っていたことを意味します（図1）。地上高 200cm 未満の梢端はその大半（全測定枝 540 本のうち 412 本、80%）に食痕がみとめられましたが、高さ 274cm 以上の梢端にはみとめられませんでした。すなわち食痕が生じた高さは最大で 270cm 程度に達し、高さ 200cm 未満の萌芽枝は食われやすいか、または食われた結果として高さ 200cm 未満に抑えられていることがわかりました。株ごとにみると、伐採高が高い株ほど萌芽枝は高くなる傾向がみられました（図2）。伐採高 80cm 以上の株では、梢端に食痕の生じない地上高 270cm を越えていました。

どのくらいの高さまで届くのか？

自動撮影によって得られた画像からは、シカが後足で立ち上がることのほかに、切り株を踏み台にしたり、下垂した枝を咥えて揺さぶることによって高い位置で枝が折れたりして、シカが直接届く高さよりも高い位置で食痕や折損が生じることがわかりました（写真2）。

シカが届く高さは、傾斜など地形や、シカにとっての餌としての価値などによっても変わると考えられますが、高密度な生息状況下では高さ 200cm 未満の萌芽枝のほとんどは梢端が食われてしまっており、高伐りによってシカの影響を完全に排除できるわけではないことにも注意が必要です。



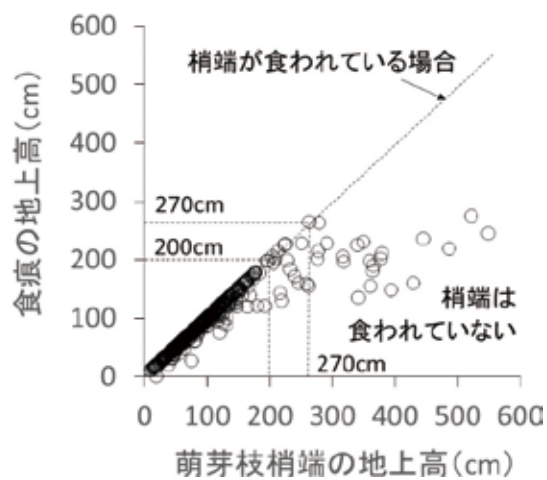


図1. 萌芽枝の高さと食痕の高さの関係

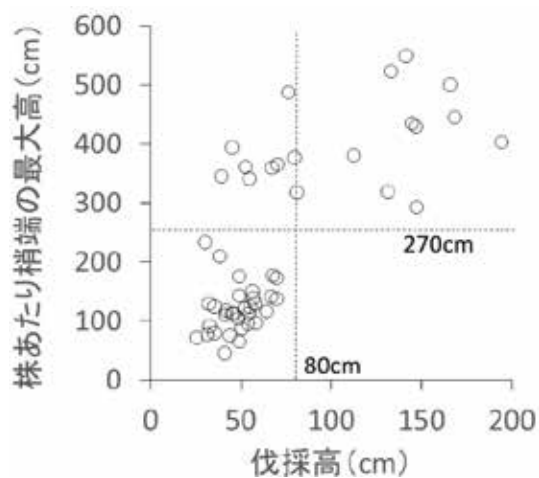


図2. 伐採高と萌芽枝の高さの関係



写真1. 高伐りされたアベマキ。
京都府南丹市の日吉町森林組合により、2014
年に更新伐として様々な高さで伐採された。



写真2. シカによる枝葉採食の様子

1

必要な考え方

2

資源量推定

3

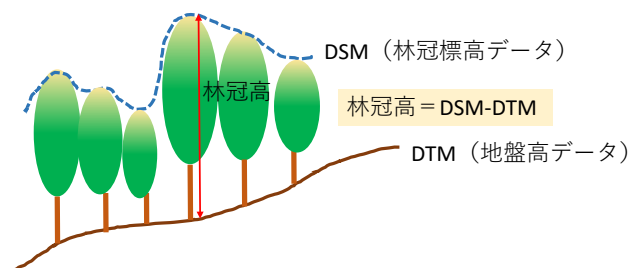
有効利用

4

再生の課題

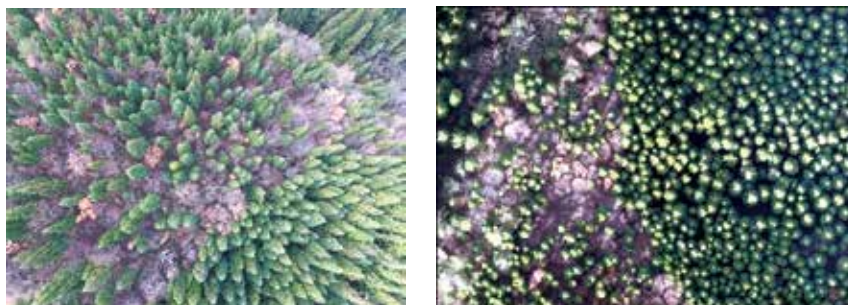
▶ 航空機 LiDAR

航空機 LiDAR とは、Light Detection and Ranging（光検出と測距）の略で、航空レーザ測量とも呼ばれる技術です。この技術による計測では、航空機に搭載したセンサから地表に向かってレーザ光を照射することで、林冠部表層の標高（DSM）と地面の標高（DTM）を同時に、広域にわたって得ることができます。このふたつの標高の差をとったものは樹木や林分の高さに相当するものと考えられ、一般的に林冠高と呼ばれています。これまでに林冠高と材積の関係式や林冠高とバイオマスの関係式等が報告されていますので、これらの関係式を用いたり、あるいは独自に調査して関係式を求めたりすることで、林冠高を材積等に読み替えることができます。



▶ オルソ画像

航空機やドローンを使って上空から真下の森林の写真をとると、私たちが見ているのと同じように、端の方になるほど樹木が倒れ込んだ写真が撮影されます。オルソ（正射投影）画像とは、飛行経路に沿って連続して撮影された複数の写真を画像処理によってつなぎ合わせ、倒れ込みをなくすように合成された画像のことです。樹木が倒れ込んだ写真のままではズレが大きく、他の地図と正確に対応付けすることができません。そこで、いろいろな地図やデータと組み合わせて用いる際にはオルソ画像が用いられています。



上空から森林を撮影した写真（左）と複数の写真をもとに作成されたオルソ画像（右）

▶ 前生稚樹と後生稚樹

林木を収穫する伐採時点ですでに林内に生えている樹木の稚樹のことを前生稚樹と呼びます。一方で、伐採後に周囲から入ってきた種子や、土の中で休眠していた種子が発芽して生えてきた稚樹を後生稚樹と呼びます。前生稚樹は種子に比べて個体のサイズが大きく蓄えも多いので、伐採後に明るくなってからの成長速度が、種子の発芽から出発する後生稚樹に比べて大きく、周囲の雑草などとの競争で有利になる可能性があります。



スギ林内に生育していた前生稚樹

▶ 木材のカスケード利用

カスケードとは英語で小さな滝という意味ですが、庭園の小さな滝の水が段を流れていくように、1本の木も形状や材質によって分類し、できる限り無駄なく利用し尽くす「段階的利用」方法のことを言います。

たとえば針葉樹ではA材（通直材）は柱などの建築材用、B材（少し曲がりがある材）は集成材、合板用、C材（曲がり材・枝条）はチップ用、D材（C材にならない根元など林地残材）は燃材用といった利用方法を表します。広葉樹の場合は樹種や用途が多様なので少し複雑になりますが、例えばコナラの場合は、A材（良質な大径材）は家具材、B材（中径材で虫害がない材）は床材、C材（小径材で傷がない材）はシイタケ原木用、D材（B、C材と同程度の太さでやや質が劣る材）は薪用、E材（D材にならない材）はチップ用といった利用が考えられます。

▶ 木材の買い取り事業

木材の買い取り事業としては、木の駅プロジェクトが有名で、これは2009年に岐阜県恵那市で始まったのを発端に各地に広がりました。地域にある間伐材や林地残材といった有効活用されていない森林資源を、山主さんやボランティアが「木の駅」に出荷し対価を得ることで、森林整備と地域活性化を目指す取り組みです。集められた木材はチップ工場に運ばれたり、熱エネルギー源として利用されています。現在では、木の駅と同様の取り組みが広がっており、東近江市においても社団法人kikitoが中心となって、2008年の設立以来、毎年間伐材買い取り事業が行われています。「びわ湖の森を元気にする」をモットーに、年間で約200tを集材しており、近年は広葉樹の持ち込みもあります。買い取った材は主にチップ工場へ運ばれ、「びわ湖の森の木になる紙」や文房具、木製品として販売されています。



集められたコナラ材



続々と軽トラで運ばれる



森林整備と資源の循環利用を
目的とした紙製品

▶ 単板積層材

単板積層材：LVLとは、Laminated Veneer Lumberの略で、丸太から丸太から「かつらむき」のように切削するロータリーレースまたはスライサーによって切削された厚さ数mm程度の単板（ベニヤ）を繊維方向（木目の方向）が平行になるように積層接着した木質材料です。強度が安定していて、原理的にはどのように長大な寸法の製品も生産が可能であり、わん曲させて単板を接着すればさまざまな形状の製品が作れるなど、寸法、形状に自由度が高いことから、住宅では柱や梁などの構造材、建具などの造作材どちらにも使用されるほか、ホールなど大型施設の構造材から家具など日用品に至るまで幅広い利用が可能となっています。



LVL

第1章

- 1) 森林総合研究所編 (2012) 広葉樹林化ハンドブック 2012—人工林を広葉樹林へと誘導するために—.
- 2) 齋藤央嗣ら (2010) 林木の育種 237, 33-35.
- 3) 徳島県 (2002) とくしまバイオトップ・プラン.
- 4) 東近江市産業振興部農林水産課監修 (2013) 「補助事業を活用した集落ぐるみでの森林整備マニュアル」.
- 5) 箱田高樹 (2017) Discover Japan 特集ニッポンブランドの秘密 (所収), 162-169, 柘出版社.

第2章

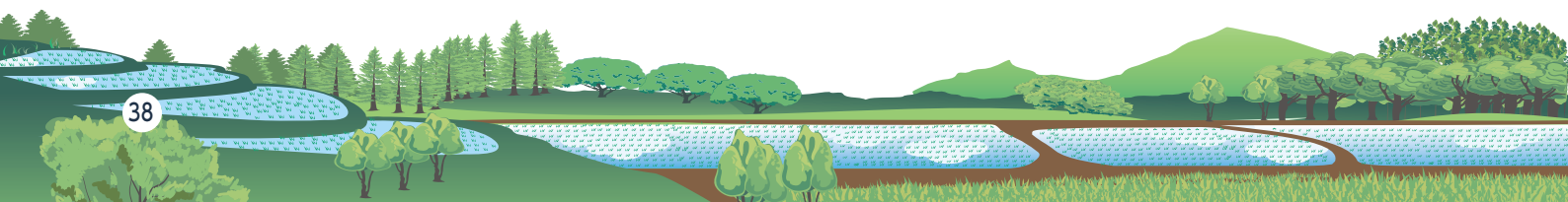
- 1) 田中真哉 (2016) 季刊森林総研 35, 10-11.
- 2) Kamimura et al. (2016) Biomass Bioenergy 36, 107-115.
- 3) 横井秀一 (1998) 岐阜県寒冷地林業試験場研究報告 14, 1-11.
- 4) 国立環境研究所温室効果ガスインベントリオフィス編 (2018) 日本国温室効果ガスインベントリ報告書.
- 5) Ishihara et al. (2015) Ecol Appl 25, 1433-1446.
- 6) 小林裕之ら (2017) 森利誌 32(4), 197-202.
- 7) Chave et al. (2005) Oecologia 145, 87-99.
- 8) Ngomanda et al. (2014) For Ecol Manag 312, 1-9.
- 9) Chave et al. (2014) Glob Change Biol 20, 3177-3190.

第3章

- 1) 農林水産省 (2018) 平成 28 年木材需給報告書.
- 2) 山本美穂 (2006) 林政総研レポート 69, 343.
- 3) 林野庁 (2017) 平成 28 年特用林産基礎資料.
- 4) 寺澤眞 (1994) 木材乾燥のすべて, 海青社.
- 5) 中山茂生ら (2011) 島根県中山間地域研究センター研究報告 7, 115-120.
- 6) 中山茂生ら (2000) 島根県林業技術センター業務報告 31, 53.
- 7) 山田範彦 (2015) 材料 64, 399-404.
- 8) 後藤崇志ら (2004) 木材工業 59(2), 61-66.
- 9) 全国天然木化粧単板工業組合連合会 (2017) 「インテリアに適した国産早生広葉樹の発掘」実施報告書.

第4章

- 1) 高槻成紀 (2006) シカの生態誌, 東京大学出版会.
- 2) 湯本貴和・松田裕之編 (2006) 世界遺産をシカが喰う—シカと森の生態学, 文一総合出版.
- 3) 依光良三編 (2011) シカと日本の森林, 築地書館.
- 4) 前迫ゆり・高槻成紀編 (2015) シカの脅威と森の未来—シカ柵による植生保全の有効性と限界, 文一総合出版.
- 5) 梶光一・飯島勇人編 (2017) 日本のシカ—増えすぎた個体群の科学と管理, 東京大学出版会.
- 6) 明石信廣 (2017) 日本のシカ—増えすぎた個体群の科学と管理 (所収), 46-64, 東京大学出版会.
- 7) 藤木大介ら (2006) 保全生態学研究 11, 21-34.
- 8) 尾崎真也ら (2016) 森林防疫 65(1), 4-14.
- 9) 浅野悟史・西前出 (2017) 環境情報科学論文集 31, 293-298.
- 10) 初 磊ら (2010) 日林誌 92, 261-268.
- 11) 黒田慶子編 (2008) ナラ枯れと里山の健康, 全国林業改良普及協会.
- 12) 大阪営林局 (1936) 東山国有林風致計画.
- 13) 京都営林署 (1993) 東山国有林の風致・防災施業.
- 14) 伊東宏樹 (2006) 森林総合研究所研報 6, 93-100.
- 15) 伊東宏樹 (2015) 日林誌 97, 304-308.
- 16) 橋本佳延・藤木大介 (2014) 人と自然 25, 133-160.
- 17) 伊東宏樹 (2017) 日林誌 99, 172-175.
- 18) 高槻成紀 (1989) 日生態会誌 39, 67-80.
- 19) 大洞智宏ら (2013) 日緑工誌 39, 260-263.
- 20) 伊東宏樹ら (2009) 日林誌 91, 15-20.
- 21) Maesako et al. (2007) Veg Sci 24, 103-112.
- 22) 日置佳之ら (2015) 日緑工誌 40, 472-478.
- 23) 大住克博 (2008) ナラ枯れと里山の健康 (所収), 89-107, 全国林業改良普及協会.
- 24) Fujiki et al. (2012) Forest Decline: Causes and Impacts (所収), 111-125, Nova Science.
- 25) 藤木大介ら (2014) 日緑工誌 39, 374-380.
- 26) 服部保ら (2005) 植生誌 22, 41-51.
- 27) 奥敬一ら監訳 (2012) イギリスのカントリーサイド (Rackham (1986) The history of the countryside), 昭和堂.



研究体制

課 題 名 広葉樹も多い中山間地で未利用資源をむだなく循環利用するための方策の提案
(平成 28 年度～ 30 年度 森林総合研究所交付金プロジェクト 1)

課 題 構 成 小課題 1 近畿圏における未利用木質資源の定量化
小課題 2 用途に応じた木質資源の潜在的供給力の評価
小課題 3 近畿圏における広葉樹資源利用の有用な需給事例の提示

研 究 担 当 者 山下 直子 (森林総合研究所関西支所) H29 ～ 30 主査、小課題責任者
奥田 史郎 (森林総合研究所関西支所) H29 ～ 30 副査
田中 真哉 (森林総合研究所関西支所) 小課題責任者
垂水 亜紀 (森林総合研究所関西支所) 小課題責任者
齋藤 和彦 (森林総合研究所関西支所)
中尾 勝洋 (森林総合研究所関西支所)
山本 伸幸 (森林総合研究所林業経営・政策研究領域)
細田 和男 (森林総合研究所森林管理研究領域)
小林 功 (森林総合研究所四国支所)
伊東 宏樹 (森林総合研究所北海道支所)
高橋 裕史 (森林総合研究所東北支所)
諏訪 鍊平 (国際農林水産業研究センター)
吉永秀一郎 (森林総合研究所多摩森林科学園) H28 主査

戦略課題責任者 宇都木 玄 (森林総合研究所研究ディレクター)

基幹課題責任者 佐藤 保 (森林総合研究所森林植生領域長)



普 及 誌

「広葉樹の利用と森林再生を考える
～中山間地での広葉樹林の取り扱いについて～」

2018 年 1 月発行

ISBN : 978-4 - 905304-82-1

森林総合研究所関西支所 WEB サイトよりダウンロード可能

<https://www.ffpri.affrc.go.jp/fsm/research/pubs/documents/hardwood.pdf>



中山間地で広葉樹林を 循環利用するためのハンドブック

平成 31 年 2 月 15 日発行



国立研究開発法人 森林研究・整備機構
森林総合研究所関西支所

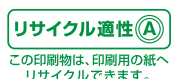
〒612-0855 京都市伏見区桃山町永井久太郎 68
問い合わせ 関西支所地域連携推進室

Tel: 075-611-1201 (代表)

Email: www-fsm@ffpri.affrc.go.jp

<https://www.ffpri.affrc.go.jp/fsm>

※ 本誌掲載内容の無断転載を禁じます。



【びわ湖の森の小径木や間伐材をムダなく有効利用】

本冊子は、森林整備と資源の循環利用を目的とし、間伐材や小径木などを有効利用してつくられた「びわ湖の森」を元気にする紙を使用して印刷しています。